

N-59

**TEKNOLOGI  
PENGGERJAAN LOGAM**



**DRS. SUHA MADSUHA**

**METROLOGI INDUSTRI**

# METROLOGI INDUSTRI

Penulis :  
**Drs. Suha Madsuha**

Penilai :  
**Drs. Abdullah**

**Edisi Pertama**  
**Maret 1992**

Diterbitkan Oleh :  
Divisi Pengembangan Bahan Belajar  
PPPG Teknologi Bandung  
Jl. Pasartren Km. 2 Cinahri - 40513  
Telp. (0225) 2325 - 4406 Fax. 4698

## PENGANTAR

Pengembangan Sekolah Seutuhnya (PSS) adalah suatu pendekatan yang dipakai oleh Proyek Kerjasama Indonesia - Belanda (N-59) dalam kegiatannya membangun STM.

Dengan pendekatan PSS ini, semua komponen kegiatan Proyek N-59 yang meliputi : Pengadaan dan rehabilitasi peralatan, pelatihan Guru dan Kepala Sekolah, rehabilitasi gedung, pengadaan buku bahan ajaran dan perbantuan tenaga ahli Belanda, kesemuanya secara jelas terprogram diarahkan untuk meningkatkan mutu lulusan 43 STM yang terkait pada Proyek ini.

Pengadaan buku ini sebagai salah satu komponen kegiatan pada Proyek N-59, terprogram secara terpadu dengan komponen-komponen kegiatan lainnya sehingga ciri aplikasi teori pada praktek terasa menonjol pada buku ini, dengan harapan secara nyata dapat efektif membantu peningkatan mutu pendidikan di STM.

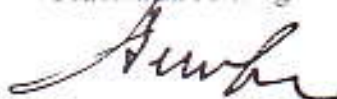
Sebanyak 51 judul buku yang telah diterbitkan melalui Proyek N-59 ini, diharapkan :

1. Memberi sumbangan yang berarti mengatasi sebagian masalah kelangkaan buku-buku keterampilan teknik.
2. Memberi dorongan rasa percaya diri kepada para penulis untuk mewujudkan karyanya dalam bentuk buku.

Buku ini tidak hanya dimaksudkan untuk 43 STM yang terkait dengan Proyek N-59 tetapi diharapkan dapat bermanfaat juga untuk STM-STM lainnya baik negeri maupun swasta bahkan juga oleh kursus-kursus keterampilan teknik industri dalam masyarakat luas pada umumnya.

Direktur

Pendidikan Menengah Kejuruan



Prof. Dr. B. Suprpto

NIP. 130143924

# DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Definisi Metrologi Industri dan Kontrol Kualitas .....	1
B. Maksud dan Tujuan Pengukuran .....	2
C. Standard Pengukuran .....	3
D. Istilah Dalam Pengukuran .....	6
 <b>BAB II SIFAT DAN PRINSIP KERJA ALAT UKUR</b>	
A. Jenis Alat Ukur .....	13
B. Sifat dan Prinsip Kerja Alat Ukur .....	14
C. Cara-cara Pengukuran .....	16
D. Pemeliharaan Alat Ukur .....	19
 <b>BAB III PENYIMPANGAN/KESALAHAN DALAM PROSES PENGUKURAN</b>	
A. Kesalahan dari Alat Ukur .....	21
B. Kesalahan Akibat Benda Ukur .....	22
C. Kesalahan Akibat Operator (Pengukur) .....	23
D. Kesalahan Akibat Pengaruh Lingkungan .....	24
E. Kesalahan Akibat Posisi Pengukuran .....	25
 <b>BAB IV PENGGUNAAN DAN PERAWATAN ALAT UKUR</b>	
A. ALat Ukur Linier Langsung .....	27
B. ALat Ukur Linier Tak Langsung .....	72
C. Alat Ukur Standar .....	77
DAFTAR PUSTAKA .....	95



# B A B I

## PENDAHULUAN

### A. DEFINISI METROLOGI INDUSTRI DAN KONTROL KUALITAS

Metrologi Industri ialah ilmu untuk melakukan pengukuran karakteristik geometris dari suatu hasil atau bagian mesin dengan alat dan cara yang tepat, sehingga hasil pengukurannya dianggap sebagai yang paling dekat dengan geometris sesungguhnya dari komponen mesin yang bersangkutan.

Untuk dapat melakukan proses pengukuran dengan tepat, setiap orang yang bekerja dalam bidang teknik harus mempelajari metrologi industri, yaitu suatu ilmu yang menyangkut tentang cara menggunakan alat ukur dan pengetahuan lain yang berkaitan erat dengan masalah pengukuran.

Pada dasarnya pemeriksaan sama dengan kontrol kualitas (Quality control) yaitu melakukan pengukuran karakteristik produk, meliputi karakteristik material, fisik atau geometris, kemudian dibandingkan dengan standard. Pada hal-hal tertentu pemeriksaan hasil ini sampai pada tarap penyajian data yang memenuhi standar.

Selain melakukan pengukuran, pelaksanaan kontrol kualitas harus mempertimbangkan hal-hal yang berhubungan dengan :

1. Waktu pemeriksaan kualitas produk
2. Banyak produk yang harus diperiksa untuk satu kali pemeriksaan.
3. Jarak pemeriksaan yang satu dengan yang lainnya.

Dari uraian di atas maka secara umum dapat dikatakan bahwa metrologi adalah ilmu yang mempelajari masalah pengukuran yang berkaitan dengan bidang perindustrian.

Metrologi industri tidak hanya menyangkut cara menggunakan alat ukur, melainkan juga mempelajari pengetahuan-pengetahuan lain yang berkaitan erat dengan masalah pengukuran

## B. MAKSUD DAN TUJUAN PENGUKURAN

Tujuan mempelajari metrologi industri ialah supaya dapat menguasai secara mendalam mengenai pengukuran sehingga bila diterapkan dalam perindustrian dengan mendapatkan hasil yang memadai, yaitu sesuai dengan yang diinginkan, presisi dengan biaya serendah-rendahnya.

Sangat sulit untuk mendapatkan hasil pengukuran yang ideal (100%) bahkan hampir mustahil (tak mungkin), akan tetapi dengan penguasaan yang mendalam tentang pengukuran maka dapat diharapkan hasil yang efektif dan efisien dapat dicapai dengan hasil yang memadai. Untuk menghindari kesalahan-kesalahan pengukuran biasanya diselenggarakan laboratorium pengukuran yang didalamnya tersedia sarana-saran yang memungkinkan dilakukan pengukuran secara teliti. Berbeda dengan suatu bengkel kerja dimana di Bengkel kerja kegiatan yang paling pokok adalah pembuatan/-produksi, sehingga kegiatan pengukuran hanyalah merupakan suatu bagian dari proses pengerjaan.

Dengan demikian maka laboratorium pengukuran berfungsi sebagai :

- a. Tempat dilaksanakannya pengukuran secara teliti dengan menggunakan bermacam-macam alat yang sesuai
- b. Tempat membandingkan ukuran benda ukur dengan benda (ukuran) standard.
- c. Tempat diseleksinya suatu benda kerja apakah dapat dipakai pada suatu produksi atau tidak.

Dalam pembuatan laboratorium pengukuran harus diperhatikan beberapa syarat supaya laboratorium tersebut dapat berfungsi dengan mestinya, syarat-syarat tersebut antara lain adalah ruangan, alat-alat ukur dan pengelolaan.

Agar alat ukur dapat terpelihara dengan baik, maka diperlukan seorang pengelola yang baik. Selain pengelola, perlu juga ada seorang teknisi, dimana pengelola benar-benar menguasai masalah yang ditangani konseptual, sedangkan teknisi yang akan melaksanakan buah pikiran pengelolaan tadi. Adapun syarat-syarat seorang pengeloa yang baik adalah:

- a. Mampu merencanakan administrasi dan pelaksanaan praktikan

- b. Mampu mengorganisasi kegiatan dalam laboratorium tersebut
- c. Menguasai ilmu dan teknologi yang dibutuhkan terutama yang berhubungan dengan laboratorium tersebut.

Tidak semua alat ukur dapat langsung digunakan dan dibaca sekalanya, ada sebagian peralatan ukur yang dalam penggunaannya masih memerlukan bantuan pengetahuan lain, oleh karena itu dalam mempelajari metrologi industri perlu ditunjang oleh ilmu-ilmu lain, diantaranya matematik, fisika dan statistik. Matematika sering digunakan dalam poroses pengukuran khususnya bagian lain adalah aritmatik, geometri dan trigonometri (sinus, cosinus, tangent). Bidang fisika yang banyak membantu dalam mempelajari metrologi industri antara lain mekanika terapan yang mencakup hukum gerakan, lenturan tekan, puntiran, bengkokan dan momen inerti, serta prinsip-prinsip optik atau lensa yang banyak terkait dan peralatan optik.

Dasar-dasar lain seperti statistik, juga banyak digunakan dalam mempelajari masalah metrologi industri.

### C. STANDARD PENGUKURAN

Kita mengenal bermacam-macam ukuran panjang. Ukuran tertua adalah *teh*id yang diperkenalkan di Cina oleh raja Hohang Ti ± 2600 tahun Sebelum Masehi. Pada saat itu telah diketahui besaranbiji padi yang teratur di daerah pesawahan Song Ho, dimana 100 butir padi yang diletakkan sepanjang garis lurus maka diameter butir terkecil adalah 1 *teh*id (1 *teh*id = 320 mm).

Ukuran panjang tertua yang telah dikenal di daratan Eropa ialah Koninkljkke el, yang berasal dari orang Mesir.

Ukuran ini dibagi dalam 14 jari. Kemudian diganti oleh *el alam* atau *cubitus*, yaitu panjang antara siku dan ujung jari tengah pada tangan yang diluruskan. 1 el Mesir = 525 mm dibagi dalam 6 bagian telapak tangan dalam empat jari.

Kemudian kitapun mengenal bentuk ukuran-ukuran lain, seperti :

Kaki = 304,8 mm

Tongkat = 16 kaki normal (abad ke 16)



Inchi =  $1/12$  kaki atau 25,4 mm.  
Yard = 3 kaki = 919,4 mm

Dalam abad pertengahan orang masih menggunakan prinsip, bahwa sebagai satuan berlaku panjang rata-rata dari suatu anggota badan, akibatnya selalu ada diskusi antara pembeli dan penjual, karena tidak setiap orang memiliki anggota badan dengan panjang yang sama.

Pada tahun 1791 timbul bermacam-macam usul atau pendapat bahwa ukuran itu harus standard takdan tidak boleh berubah sepanjang masa, maka dipilihlah sepersepuluh juta bagian dari seperempat keliling dunia, yaitu meter (metron adalah kata Yunani untuk suatu ukuran). Caranya adalah dipilih panjang busur pada meridian dari Paris, dari Dunkirk sampai Monecy pada Barcelona (busur  $9^{\circ} 40' 45,67''$ ), melalui penelitian selama 7 tahun, yang dilakukan oleh sarjana-sarjana Perancis, Delambre dan Mechain.

Dalam tahun 1799 telah ditetapkan dalam batang Platina dengan penampang persegi panjang 25 x 4 mm. Dua bidang ujung terletak satu sama lain pada jarak 10m (end gage), kemudian diketahui bahwa ada kekeliruan dalam pengukuran, meteran standard ternyata terlalu pendek 0,00019.

Pada tahun 1875 ada suatu kongres internasional yang menyebarkan sistem metrik yang berbentuk X dari Platina Iridium (90 % Pt), dimana tidak lagi diukur antara dua bidang, tapi dengan garis-garis halus sepanjang sisi garis pembantu. Terdapat di "Bureau International de poids et de mesures", Serves (Paris).

Meteran ini sangat peka, karena itu pengukurannya kurang teliti (0,05 m), maka pada bulan Oktober 1960 disusunlah definisi baru, yaitu 1.650.-763,73 panjang gelombang sinar merah jingga dari krypton 86 dalam vakum.

Satuan standard untuk pengukuran merupakan besaran standar yang sangat penting. Besaran standar dapat merupakan salah satu atau gabungan dari satuan-satuan dasar.

Pada sistem satuan internasional (SI Units, International System of Units, Le Systeme International d' Units) ada 7 satuan dasar dengan simbol sebagai berikut (lihat tabel 1.1).



Tabel 1.1 Satuan Dasar SI

Dalam praktek pengukuran, kita tidak melakukan secara langsung memban-

Besaran Dasar	Satuan Dasar	Simbol
- Panjang	Meter (metre)	m
- Massa	Kilogram (kilogram)	kg
- Waktu	Detik (second)	s
- Temperatur thermo- dinamika	Kelvin (kelvin)	k
- Arus listrik	Amper (ampere)	A
- Jumlah zat	Mol (mole)	mol
- Intensitas cahaya	Lilin (candela)	cd
- Sudut bidang	Radial (radian)	rad

dingkan dengan standar meter, melainkan digunakan alat pembanding yaitu alat ukur. Pada bermacam-macam alat ukur akan ditemukan skala ukuran. Yang menunjukkan satuan panjang, sebagai bagian dari meter, dapat berupa milimeter atau mikrometer.

Berdasarkan skala tersebut dapat dibaca berapa panjang atau dimensi dari suatu obyek ukur (bagian benda yang diukur).

Dan tentunya prinsip kerja dari alat ukur sudah direncanakan sedemikian rupa, sehingga apa yang ditunjukkan pada skala ukuran adalah sesuai dengan yang diukur.

Dengan demikian harga yang ditunjukkan oleh alat ukur tidak menyimpang dari satuan standar panjang.

Besaran dasar untuk pengukuran geometris, yaitu besaran panjang yang diberi nama meter (m) dan satuan tambahan yaitu sudut bidang dengan nama derajat ( $^{\circ}$ ) atau radial (rad).

Untuk membentuk hasil kali dengan bilangan dasar sepuluh bagi satuan standar dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 Fraksi Satuan Standar

#### D. Istilah dalam Pengukuran

Faktor Pengali	Nama Awalan	Simbol	Contoh
$1.000.000.000 = 10^9$	Giga (giga)	G	$1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$
$1.000.000 = 10^6$	Mega (mega)	M	$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$
$1.000 = 10^3$	Kilo (kilo)	K	$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$
$100 = 10^2$	Hekto (hecto)	h	$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$
$10 = 10^1$	Deka (deca)	da	$1 \text{ m} = 10^{-6} \text{ m}$
$1 = 10^0$	-	-	
$0,1 = 10^{-1}$	Desi (deci)	d	
$1,01 = 10^{-2}$	Senti (centi)	c	
$0,001 = 10^{-3}$	Mili (milli)	m	
$0,000001 = 10^{-6}$	Mikro (micro)	m m	
$0,000000001 = 10^{-9}$	Nano (nano)	n	

##### 1. Ketelitian (Accuracy)

Ada dua pengertian dari kata teliti, yaitu

- Teliti yang dihubungkan dengan hasil suatu pengukuran persis atau mendekati sama dengan ukuran tertentu, misalnya pada suatu alat diberikan ukuran (ukuran diameter dalam pisau gigi), lalu kita cek alat tersebut dengan mistar insut, ternyata hasil pengukuran yang diperoleh sama dengan ukuran yang tertera pada alat tersebut, maka hal ini disebut teliti.
- Teliti dihubungkan dengan proses pengukuran. Jika alat tersebut diukur dengan alat yang sama dan ketelitian yang berbeda misalnya alat dengan ketelitian 0,1 mm dan 0,02 mm, maka hasilnya kemungkinan berbeda. Perbedaan 1 atau 2 skala untuk alat ukur yang teliti akan menghasilkan ukuran yang berbeda, jika dilakukan dengan prosedur pengukuran yang tidak tepat.

Dengan kedua cara tadi dapat ditarik kesimpulan, bahwa kata teliti dihubungkan dengan hasil pengukuran dari benda ukur. Makin persis sama antara hasil pengukuran dengan harga dari benda yang diukur,

maka makin teliti atau dengan kata lain mempunyai ketelitian tinggi.

## 2. Ketepatan (Precision)

Apabila seseorang melakukan pengukuran terhadap suatu obyek ukur dengan cara berulang-ulang dan diperoleh hasil yang hampir sama dari masing-masing pengukuran bila dibandingkan dengan harga rata-rata pengukuran yang berulang-ulang tersebut, maka dikatakan proses pengukuran itu mempunyai ketelitian tinggi.

Dasar untuk menentukan apakah ketepatan proses pengukuran itu tinggi atau rendah, adalah besarnya kesalahan yang timbul atau disebut kesalahan rambang (akan dibahas khusus pada analisis statistik dalam pengukuran).

## 3. Toleransi

Setiap jenis pekerjaan teknik mempunyai syarat ketelitian yang berbeda-beda. Konstruksi beton misalnya diijinkan memiliki penyimpangan ukuran (toleransi) yang lebih besar dibandingkan ukuran-ukuran pada konstruksi mesin. Karena toleransi yang besar ini, ukuran-ukuran gambar bangunan gedung tidak perlu dibubuhi ukuran toleransi. Lain halnya dengan konstruksi mesin, pada umumnya dibuat dari bahan logam yang memiliki kepadatan/massa tinggi, sehingga ukuran-ukuran konstruksi mesin tidak diijinkan bertoleransi besar, terutama bagian-bagian yang vital, dan ukuran toleransi ini harus sangat diperinci.

Pada hakekatnya kita menginginkan ukuran sebenarnya, tetapi ukuran yang sebenarnya ini tidak mungkin dapat dicapai karena faktor pengerjaan di bengkel, dengan demikian toleransi dimaksudkan untuk memudahkan pekerjaan pelaksana di bengkel. Pekerjaan boleh dihentikan bila ukurannya telah mencapai daerah toleransi.

Pada suatu produksi massal dimana dibuat berbagai macam konstruksi mesin, faedah toleransi ini akan lebih terasa. Pabrik tidak mungkin membuat setiap bagian satu persatu, untuk kemudian dicocokkan pada bagian lain yang telah selesai dibuat, tetapi semua bagian dikerjakan serentak, kemudian disusun dengan hasil yang baik, sampai pada batas toleransi, dengan demikian pekerjaan akan menjadi jauh lebih cepat.

Sejak perang dunia ke dua sistem toleransi dilanjutkan pengembangan-



nya oleh ISO (International Organisation for Standardization), sedang sebelumnya diatur oleh ISA (International Federation of The National Standardizing Association).

Ada istilah-istilah khusus yang digunakan dalam sistem toleransi yaitu :

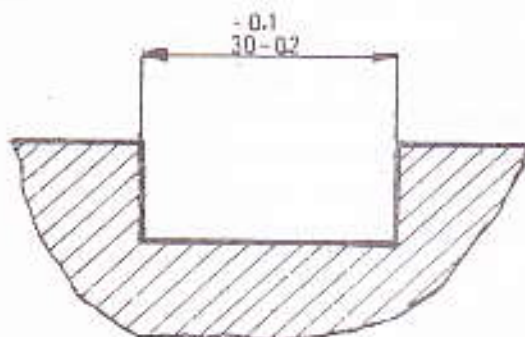
a. Ukuran Nominal

Ukuran nominal adalah ukuran dasar, yaitu ukuran yang tertulis tanpa dibaca dengan angka toleransinya.

b. Angka Toleransi

Angka toleransi menunjukkan ukuran/kualitas dari toleransi. Semakin kecil angka toleransi, maka semakin baik kualitasnya. Ukuran toleransi dipengaruhi oleh ukuran nominalnya, semakin besar ukuran nominal, semakin besar pula ukuran toleransinya pada kualitas yang sama. Pada gambar 1.1, angka 30 adalah ukuran

nominal.  $+ 0,1$   
 $- 0,2$  adalah ukuran toleransi.



Gambar 1.1. Ukuran dengan toleransi

Ukuran terbesar :  $30 + 0,1 = 30,1$   
Ukuran terkecil :  $30 - 0,2 = 29,8$   
Ukuran toleransi :  $0,1 + 0,2 = 0,3$

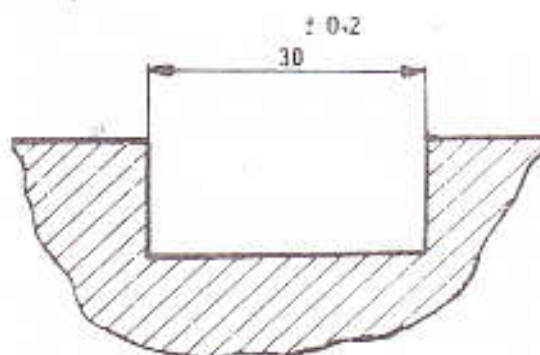
c. Penyimpangan Membesar

Penyimpangan membesar adalah penyimpangan ke arah ukuran terbesar. Dalam contoh di atas adalah  $+0,1$ .

d. Penyimpangan Mengecil

Penyimpangan mengecil adalah penyimpangan ke arah ukuran terkecil. Dalam contoh di atas adalah  $-0,2$ .

Pada gambar 1.2 di bawah ini penyimpangan membesar sama dengan penyimpangan mengecil, sehingga penulisan angka toleransi dapat lebih disederhanakan.



Gambar 1.2. Penyederhanaan Toleransi

e. Kelonggaran (Clearance)

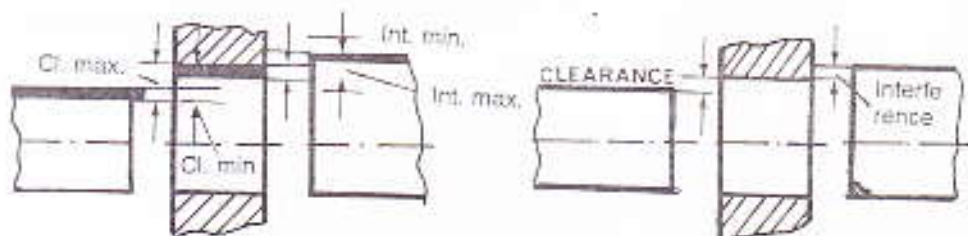
Kelonggaran adalah selisih ukuran antara lubang dan poros (ukuran lubang lebih besar dari ukuran poros).

Kelonggaran maksimal adalah selisih ukuran lubang yang terbesar dengan ukuran poros terkecil, sedangkan kelonggaran minimal adalah selisih ukuran lubang yang terkecil dengan ukuran poros yang terbesar.

f. Kesesakkan (Interference)

Kesesakkan adalah selisih ukuran antara poros dan lubang (ukuran poros lebih besar dari ukuran lubang).

Kesesakkan juga mempunyai ukuran minimal dan maksimal, seperti halnya kelonggaran.



Gambar 1.3. Penamaan Toleransi

g. Huruf Toleransi

Agar penunjukkan toleransi dapat disederhanakan, maka angka tersebut dapat diganti dengan huruf.

Harga toleransi yang sudah dinyatakan dengan huruf dapat dilihat pada tabel toleransi 1.3 dan 1.4.

Tetapi harus diingat cara penunjukkan seperti ini hanya berlaku untuk suaiian-suaiian (bagian-bagian mesin yang saling berhubungan).



Tabel 1.3. Harga Toleransi

Ukuran nominal	Lubang												
	H6	JS6	K6	G7	H7	JS7	K7	M7	P7	E8	H8	H9	P9
> 3 - 6	+8 0	± 4	+3 -6	+16 +4	+12 0	± 6	+3 -9	0 -12	-8 -20	+38 +20	+18 0	+30 0	-12 -42
> 6 - 10	+9 0	± 4,5	+2 -7	+20 +5	+15 0	± 7,5	+5 -10	0 -15	-9 -24	+47 +25	+22 0	+36 0	-15 -51
> 10 - 18	+11 0	± 5,5	+2 -9	+24 +6	+18 0	± 9	+6 -12	0 -18	-11 -29	+59 +32	+27 0	+43 0	-18 -61
> 18 - 30	+13 0	± 6,5	+2 -11	+28 +7	+21 0	± 10,5	+8 -15	0 -21	-14 -35	+73 +40	+33 0	+52 0	-21 -74
> 30 - 50	+16 0	± 8	+3 -13	+34 +9	+25 0	± 12,5	+7 -18	0 -25	-17 -42	+89 +50	+39 0	+62 0	-26 -85
> 50 - 80	+19 0	± 9,5	+4 -15	+40 +10	+30 0	± 15	+9 -21	0 -30	-21 -51	+126 +72	+46 0	+74 0	-32 -106
> 80 - 120	+22 0	± 11	+4 -18	+47 +12	+35 0	± 17,5	+10 -25	0 -35	-24 -59	+126 +72	+54 0	+87 0	-37 -124
> 120 - 180	+25 0	± 12,5	+4 -21	+54 +14	+40 0	± 20	+12 -28	0 -40	-28 -68	+148 +85	+63 0	+100 0	-43 -143

Tabel 1.4

	Poros												
	h5	js5	k5	g6	b6	js6	k6	n6	p6	6	f7	e8	h9
> 3 - 6	0 -5	± 2,5	+6 +1	-4 -12	0 -8	± 4	+9 +1	+12 +4	+20 +12	+27 +19	-10 -22	-20 -38	0 -30
> 6 - 10	0 -6	± 3	+7 +1	-5 -14	0 -8	± 4,5	+10 +1	+15 +6	+24 +15	+32 +23	-13 -28	-25 -47	0 -36
> 10 - 18	0 -8	± 4	+9 +1	-6 -17	0 -11	± 5,5	+12 +1	+18 +7	+29 +18	+39 +28	-16 -34	-32 -59	0 -43
> 18 - 30	0 -9	± 4,5	+11 +2	-7 -20	0 -13	± 6,5	+15 +2	+21 +8	+35 +22	+48 +35	-20 -41	-40 -73	0 -52
> 30 - 50	0 -11	± 5,5	+13 +2	-9 -25	0 -16	± 8	+18 +2	+25 +9	+42 +26	+59 +43	-25 -50	-50 -89	0 -62
> 50 - 80	0 -13	± 6,5	+15 +2	-10 -29	0 -19	± 9,5	+21 +2	+30 +11	+51 +32	3)	-30 -60	-60 -106	0 -74
> 80 - 120	0 -15	± 7,5	+18 +3	-12 -34	0 -22	± 11	+25 +3	+35 +13	+59 +37		-36 -71	-72 -126	0 -87
> 120 - 180	0 -18	± 9	+21 +3	-14 -39	0 -25	± 12,5	+28 +3	+40 +15	+68 +43		-43 -83	-85 -148	0 -100

Keterangan :

Satuan harga Toleransi dalam tabel adalah  $\mu\text{m}$  (micro meter), dimana  $1 \mu\text{m} = 0.0001 \text{ mm}$ .

Contoh :

Suatu soalian tepat (sliding fit) mempunyai ukuran lobang H7. Untuk mengetahui harga toleransi H7 ini kita lihat pada lajur dengan ukuran nominal  $>50-80$ , dimana kita peroleh harga  $+30$ . Untuk membantu pelaksanaan di bengkel harga tersebut dapat kita sertakan menjadi  $60 \text{ H7 } (+30)$ .

## B A B II

### SIFAT DAN PRINSIP KERJA ALAT UKUR

#### A. Jenis Alat Ukur

Sesuai dengan jenis-jenis pengukuran yang biasa dilaksanakan, maka alat ukurpun ada bermacam-macam jenisnya dengan cara pemakaian yang berlainan.

Berdasarkan sifatnya alat ukur dapat dibagi :

1. Alat ukur langsung

Alat ukur ini mempunyai skala ukur yang telah dikalibrasi, dan hasil pengukurannya dapat langsung dibaca pada skala yang ada.

Contoh : mistar ukur, mistar sorong, mikrometer pengukur tinggi, busur.bilah, jam ukur.

2. Alat ukur tak langsung

Seperti juga alat ukur langsung ada bermacam-macam jenis alat ukur tak langsung bedanya adalah dengan alat ini tidak dapat langsung terbaca hasil pengukuran. Jadi setelah dilakukan pengukuran dengan alat ukur tak langsung, maka alat ini diukur lagi dengan alat ukur langsung.

Contoh : Kaliber T, kaliber lubang kecil, jangka kaki, jangka bengkok, jangka hati.

3. Alat ukur standar

Alat ukur ini harus mampu mengkalibrasi alat ukur lain (yang ada), oleh karena itu harus mempunyai kualitas dan ketelitian yang lebih tinggi dari alat ukur yang biasanya dipakai mengukur.

Contoh : Standar meter, blok ukur, blok ukur sudut.

4. Alat ukur pembanding

Alat ukur pembanding adalah suatu alat ukur yang berskala ukur terbatas dan telah dikalibrasi, digunakan sebagai pembacaan besarnya selisih suatu dimensi terhadap ukuran standar.



Contoh : Komparator

5. Alat ukur pembatas (limit gauge)

Alat ukur ini sebagai penentu apakah suatu benda kerja dapat dipakai pada suatu standar normalisasi atau tidak. ALat ukur ini sering disebut kaliber (limit gauge).

Contoh : kaliber poros (plug gauge), kaliber ring (ring gauge), kaliber pemeriksa konis (taper gauge).

6. Alat ukur pembantu

Alat ukur ini bukan alat ukur sebenarnya, tetapi fungsinya sangat penting dalam pengukuran, karena dipakai sebagai alat pembantu pada waktu mengukur. Dengan alat bantu ini suatu bidang yang sebenarnya tidak bisa atau sulit diukur dapat diukur dengan adanya alat bantu ini.

Contoh : rol, bola ukur/baja, kawat ukur

## B. Sifat dan Prinsip Kerja Alat Ukur

Sebenarnya sulit bagi kita untuk membedakan alat ukur berdasarkan prinsip kerjanya, dan pada beberapa jenis alat ukur menggunakan kombinasi dari cara-cara kerja tersebut.

### 1. Cara Kerja

Cara kerja dapat dikelompokkan menjadi , mekanis, elektris, optis, hidrolis dan pneumatics atau aerodinamik.

Yang membedakan suatu alat ukur adalah konstruksi dan cara berfungsinya alat tersebut.

Komponen utama yang harus ada dalam suatu alat ukur adalah sensor (peraba), pengubah dan penunjuk/pencatat

a. Sensor atau peraba adalah bagian yang menghubungkan alat ukur dengan benda ukur.

Contoh : Untuk sensor mekanis umpamanya ujung kontak mikrometer, kedua lengan mistar geser, jarum dari alat ukur kekasaran permukaan.

Sedangkan sensor alat ukur optis berupa sistem lensa (objektif), dan sensor pneumatis adalah poros dengan lubang kecil dimana udara

tekan mengalir ke luar.

- b. Pengubah, adalah bagian penting dari alat ukur, karena berfungsi untuk mengubah atau mengolah syarat sebelum diteruskan ke bagian lain dari alat ukur.

Pada bagian ini diterapkan bermacam-macam prinsip kerja, mulai dari prinsip kinematis, optis, elektris, pneumatis, sampai pada sistem gabungan.

- c. Penunjuk atau Pencatat, adalah bagian dari alat ukur yang mencatat/menunjukkan suatu hasil pengukuran. Semua alat ukur kecuali beberapa alat ukur standar dan alat ukur batas mempunyai bagian penunjuk.

Adapun dua macam penunjuk, yaitu penunjuk bersekala dan penunjuk berangka (digital)

## 2. Sifat Alat Ukur.

Alat ukur dibuat oleh manusia, oleh karena itu tidak ada yang sempurna. Ketidak sempurnaan tidak bisa hilang sama sekali, dan hanya pada batas-batas tertentu alat ukur dianggap cukup baik untuk digunakan dalam proses pengukuran.

Ada beberapa sifat alat ukur yang baik antara lain

- a. Kemudahan baca (readability)  
Hasil pengukuran memberikan angka yang jelas terbaca.
- b. Rantai kalibrasi/mampu usut (traceability)  
Alat ukur harus dapat dan mempunyai alat ukur standar yang dipakai untuk mengkalibrasi.
- c. Kepekaan (sensitivity)  
Alat ukur harus mampu mengukur atau membedakan perubahan kecil dari benda ukur. Kepekaan suatu alat ukur ditentukan oleh mekanisme pengubah dan harganya dapat diketahui dengan cara membuat grafik antara harga yang diukur dengan pembacaan skala.
- d. Kestabilan nol (zero stability)  
Apabila alat ukur dikembalikan pada posisi semula maka harus dapat kembali pada kondisi nol.

- e. Histerisis  
Tingkat histerisis penyimpangan yang timbul sewaktu dilakukan pengukuran dari nol ke skala maksimum kemudian dari skala maksimum ke nol.
- f. Kelambatan reaksi/kepasifan (pasitivity)  
Alat ukur harus mempunyai sifat kepasifan yang kecil, dimana suatu perbedaan/perubahan kecil dari harga yang diukur tidak meninggalkan suatu apapun pada jarum penunjuk. Biasanya ini terjadi pada jam ukur.
- g. Pergeseran (shifting)  
Faktor pergeseran harus sekecil mungkin, kalau mungkin tidak ada sama sekali. Pergeseran adalah perubahan yang terjadi pada penunjuk (pencatat/digital). Padahal tidak ada perubahan pada benda ukurnya.
- h. Pengembangan (floating)  
Pengembangan harus dihindarkan dengan cara memperbaiki alat ukurnya, menghilangkan getaran pada waktu mengukur atau menggunakan secara hati-hati.  
Pada sifat ini jarum penunjuk selalu berubah-ubah (bergetar) atau angka terakhir dari penunjuk digital selalu berubah-ubah.

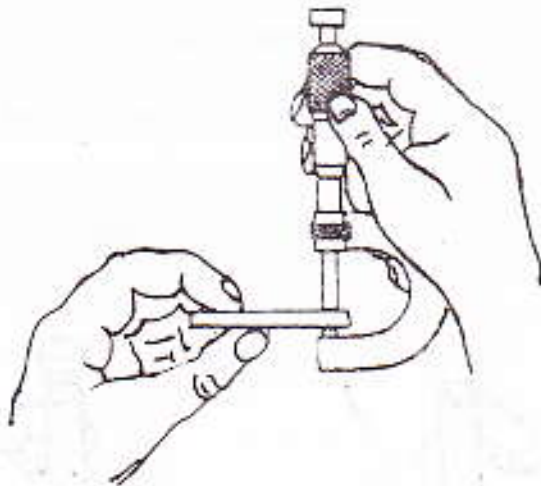
### C. Cara - Cara Pengukuran :

Dengan memilih alat ukur dan cara pengukuran yang tetap diharapkan dapat menghasilkan pengukuran yang baik. Hal ini tergantung pada kondisi benda ukur, alat ukur, dan ketentuan-ketentuan hasil yang diinginkan.

Cara-cara Pengukuran yang sering digunakan:

- 1. Pengukuran Langsung  
Cara ini menggunakan alat ukur langsung, dimana hasil pengukuran dapat langsung dibaca pada skala yang telah dikalibrasi dan terdapat pada alat ukur tersebut.  
Contoh : mengukur tebal dengan mikrometer.

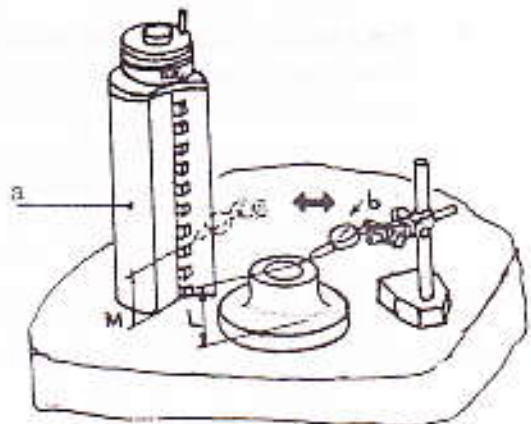




*Gambar 2.1 Pengukuran dengan mikrometer*

## 2. Pengukuran tak langsung

Cara pengukuran ini menggunakan alat ukur tidak langsung, alat ukur jenis pembanding atau pembantu dan standar. Hasil pengukuran diukur alat ukur langsung.

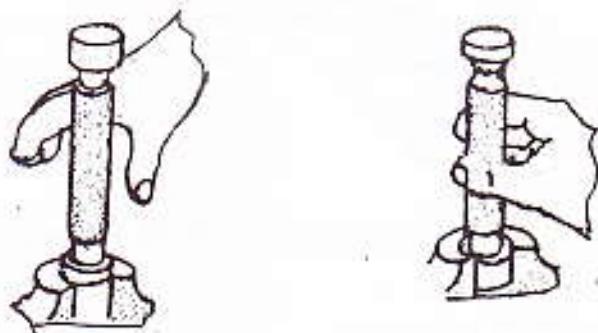


*Gambar 2.2 Pengukuran dengan alat ukur standa  
(a), alat ukur pembanding (b)*

3. Pengukuran dengan kaliber batas (limit gage)

Cara pengukuran ini menggunakan alat ukur batas/kaliber. Pengukuran ini tidak menentukan ukuran suatu dimensi dengan pasti, melainkan hanya menunjukkan apakah dimensi tersebut terletak didalam atau di luar daerah toleransi.

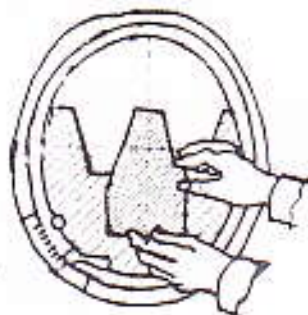
Cara pengukuran seperti ini dimaksudkan untuk mempercepat pemeriksaan atas produksi masal, dan alat ukur yang digunakan adalah jenis kaliber Go dan No Go gauges.



*Gambar 2.3 Pemeriksaan/pengukuran dengan kaliber batas*

4. Pengukuran dengan cara membandingkan.

Prinsip pengukuran seperti ini tidaklah menentukan dimensi ataupun toleransi suatu benda ukur secara langsung. Pengukuran dengan cara ini menggunakan perbandingan dengan bentuk standar misalnya untuk pengecekan/pemeriksaan bentuk konis.

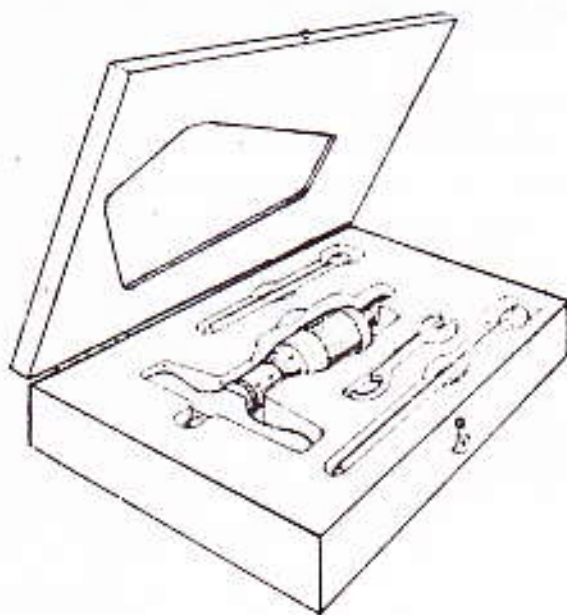


*Gambar 2.4 Memeriksa bentuk dengan profil proyektor/ perbandingan dengan bentuk standar.*

#### D. Pemeliharaan alat ukur.

Agar alat ukur dapat tahan lama dan tidak mengalami perubahan dimensi yang akan mengakibatkan kesalahan/ penyimpangan dalam pengukuran, maka harus dirawat dan diperlihora dengan baik dan benar.

Pada dasarnya semua pemeliharaan alat ukur bersifat pencegahan (preventif), alat ukur yang pernah mengalami kerusakan, sebaiknya tidak dipakai lagi. Kalaupun terpaksa dipakai terlebih dahulu harus melalui pemeriksaan yang benar-benar teliti;



*Gambar 2.5 Penyimpanan alat ukur*

Secara umum pemeliharaan alat ukur adalah :

1. Dijaga pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  supaya tidak terjadi perubahan fisik akibat meningkatnya suhu.
2. Dijaga pada kondisi tidak terlalu lembab supaya tidak berkorosi (kelembaban udara 50 : 60 %).

3. Diberi vaselin setelah alat ukur dipakai.
4. Dijauhkan dari getaran, guncangan atau benturan.
5. Setelah dipakai dimasukkan kembali ke kotak penyimpanannya, dan untuk alat yang besar misalnya profil proyektor harus selalu ditutup dengan kain/plastik sewaktu tidak dipakai.
6. Dipakai sesuai dengan fungsinya
7. Hindarkan dari pemakaian secara gegabah dan serampangan
8. Dipakai menurut petunjuk operasional dan keselamatan kerja yang telah ditentukan masing- masing alat ukur tersebut.



### B A B III

## PENYIMPANGAN/KESALAHAN DALAM PROSES PENGUKURAN

Kesalahan dalam pengukuran akan selalu ada, kesalahan ini merupakan perbedaan antara hasil pengukuran harga yang dianggap benar. Pengukuran akan selalu melibatkan alat ukur, benda ukur dan sipengukur, ketiga komponen ini masing-masing memiliki kelemahan, oleh karena itu sangat sulit untuk mendapatkan hasil ukur yang teliti dan absolut (mutlak).

Setiap pengukuran mempunyai kesalahan/ketidak telitian yang tidak sama, hal ini disebabkan oleh kondisi alat, benda, metoda dan keahlian operator.

Dari beberapa kali pengukuran akan didapatkan harga yang terpencah disekitar harga rata-rata, dan tentunya pengukuran untuk setiap bagian tidak cukup dilakukan hanya satu kali.

Banyak faktor yang membuat suatu proses pengukuran tidak mendapatkan hasil yang teliti dan tidak tepat, yaitu :

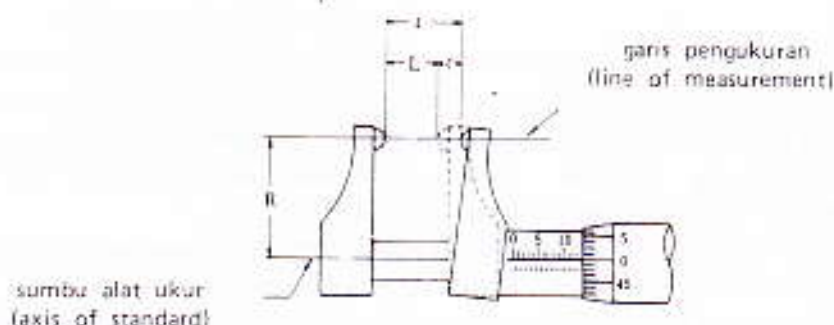
1. Alat ukur
2. Benda ukur
3. Operator (Sipengukur)
4. Posisi pengukuran
5. Lingkungan.

#### A. Kesalahan dari Alat Ukur

Alat ukur dirancang/dibuat oleh orang/manusia, oleh karenanya alat ini mempunyai sifat diantaranya peka, histeris, pasif, bergeser dan kestabilan nol. Dengan seringnya digunakan, maka kemungkinan akan timbul sifat jelek seperti hal tersebut di atas, oleh karena itu diperlukan kalibrasi alat ukur untuk menghindari penyimpangan/kesalahan yang lebih besar.

Dengan kalibrasi ini diharapkan dapat menghitung kesalahan sistematis, dimana terjadinya keausan dari bidang kontak/sensor mekanis. Untuk mendapatkan kesalahan rambang dalam pengukuran, operator perlu berkali-kali

melakukannya. Jika mengukur dengan menggunakan mikrometer tipe caliper, maka harus berhati-hati untuk tidak menggunakannya secara berlebihan, supaya tidak terjadi kesalahan/penyimpangan akibat lenturan dari bagian alat pengukuran (jaws).



Gambar 3.1. Kesalahan akibat bentuk desain

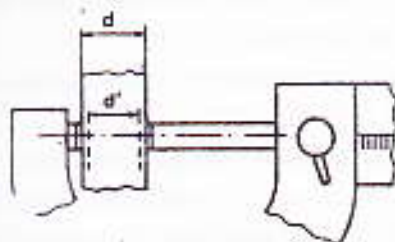
## B. Kesalahan Akibat Benda Ukur

Untuk melakukan pengukuran, maka sensor mekanis akan memberikan suatu tekanan tertentu kepada benda ukur, misalnya mikrometer dapat menyebabkan perubahan bentuk (deformasi) pada permukaan objek ukur yang relatif lunak, atau terjadi lenturan pada diameter silinder yang dindingnya relatif tipis, oleh karenanya, mikrometer selalu dilengkapi dengan alat pembatas momen putar untuk menjaga tekanan pengukuran sekecil mungkin dan tetap.

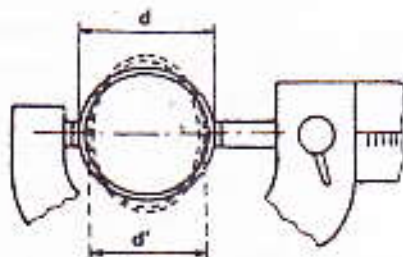
Sewaktu pengukuran berlangsung, benda ukur tidak boleh bergerak pada arah yang sama dengan garis pengukuran (garis dimensi objek ukur), sehingga dalam keadaan-keadaan tertentu diperlukan alat pemegang benda ukur (penjepit). Cara penjepitan harus baik, agar tidak menimbulkan deformasi yang merugikan.

Disamping itu benda ukur yang relatif lunak (benda elastis) atau benda keras seperti poros-poros yang relatif panjang, jika diukur akan menimbulkan penyimpangan. Supaya kedua ujung batang ini tetap sejajar perlu ditunjang oleh dua tumpuan, dan untuk menghindari lenturan disebabkan dengan berat sendiri.

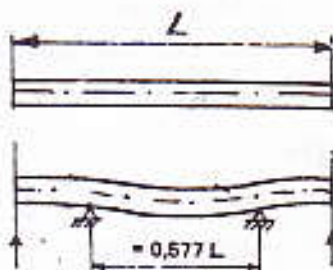
Untuk mengatasi hal tersebut ditentukan jarak tumpuan, biasanya ada yang 0,544 dan 0,577 kali panjang, dan titik tumpuan disebut titik Airy (Airy point).



a. Tekanan kontak pada benda ukur lunak.



b. Tekanan kontak pada benda ukur berdinding tipis (elastis)



c. Meskipun ada lenturan permukaan kedua ujung batang tetap



d. Harga lenturan minimum di ujung dan di tengah sama besar.

*Gambar 3.2 Kesalahan akibat benda ukur*

### C. Kesalahan Akibat Operator (Pengukur)

Pengukuran merupakan pekerjaan yang memerlukan kecermatan, ketelitian dan ketekunan. Alat ukur, benda ukur dan kondisi yang sama yang digunakan oleh beberapa pengukur, secara bergantian, mungkin akan menghasilkan pengukuran yang berbeda, hal ini mungkin akibat kemampuan operator, keahlian operator atau cara mereka mengukur yang berbeda-beda.



Seorang pengukur (operator) harus mempunyai persyaratan tertentu, diantaranya :

1. Mengetahui tentang macam-macam alat ukur, sifat alat ukur, cara/prinsip kerja alat ukur, cara pengukuran, cara memelihara alat ukur dan cara mengeset dan mengkalibrasi alat ukur.
2. Mempunyai pengalaman praktek atau pernah mengikuti latihan-latihan pengukuran di institusi atau di industri.
3. Menyadari bahwa pengukuran merupakan tanggungjawabnya.
4. Mempunyai kemampuan dalam persoalan pengukuran, memilih alat ukur, menentukan cara pengukuran sesuai dengan tingkat ketelitian dan kecermatannya.
5. Waspada dimana letak kekurangan/kesalahan dalam pengukuran serta dapat mengurangi sekecil mungkin kesalahan itu. Dengan demikian hasil pengukuran sesuai dengan apa yang diharapkan.
6. Memahami keselamatan kerja yang berlaku dan melaksanakannya di ruang pengukuran (laboratorium) tersebut.

#### **D. Kesalahan Akibat Pengaruh Lingkungan**

Penyimpangan/kesalahan pengukuran dapat terjadi karena kondisi lingkungan tidak memadai, misalnya cahaya atau penerangan tidak cukup, hal ini dapat menimbulkan kekeliruan dalam pembacaan skala alat ukur. Kondisi lingkungan berdebu pun dapat menyebabkan kesalahan/penyimpangan sistematis akibat debu yang menempel pada benda kerja/ukur atau permukaan sensor alat ukur mekanis. Demikian pula getaran-getaran dari mesin-mesin atau alat lain terhadap lantai pabrik, mempunyai dampak yang kurang baik terhadap pengukuran.

Faktor lain misalnya kebisingan, getaran listrik dan tidak kalah pentingnya adalah pengaruh suhu.

Suhu akan mengakibatkan pemuaian dan sebaliknya terhadap alat ukur ataupun benda ukur, karena alat atau benda ukur umumnya terbuat dari logam. Dengan demikian untuk suatu sistem pengukuran, benda ukur dan alat ukur harus selalu diusahakan supaya berada dalam temperatur yang sama



rata, juga alat ukur dan benda ukur jika dibawa ke ruang ukur perlu waktu penyesuaian temperatur, oleh karena itu pengukuran sebaiknya dilakukan di ruang ukur. Pemilihan ruang ukur serta pengaturannya harus memperhatikan hal-hal seperti berikut :

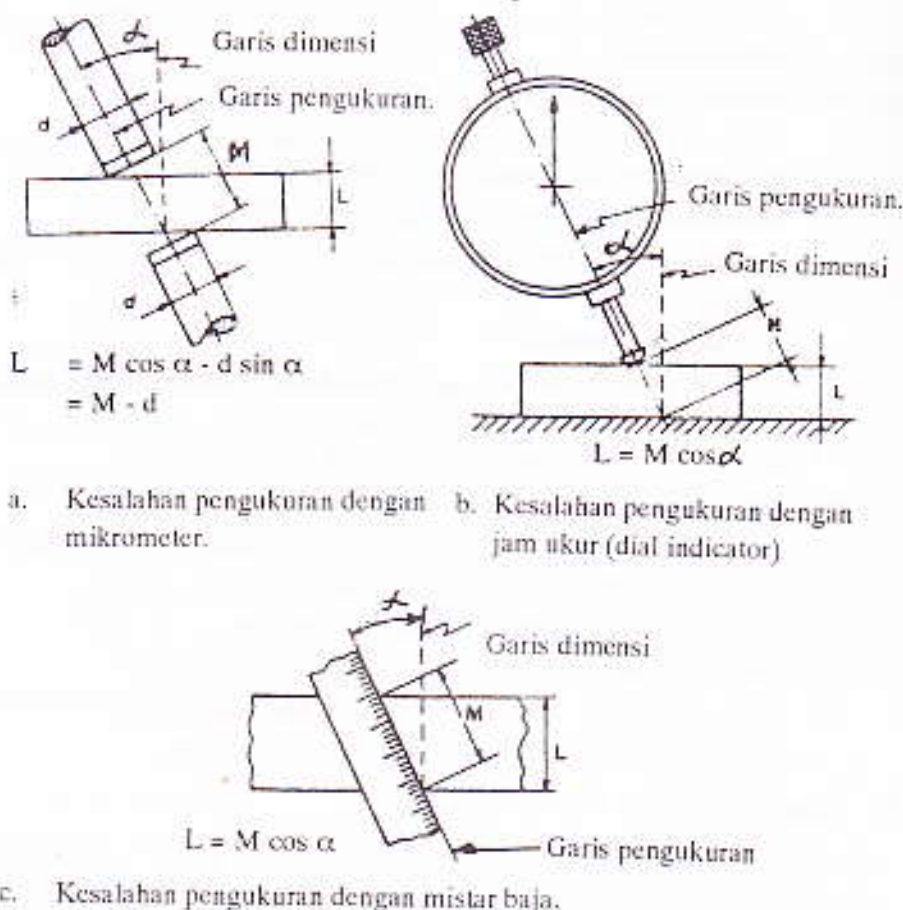
1. Luas ruangan sesuai dengan jumlah pemakai dan mebelair.
2. Pengaturan letak mebelair tidak terlalu berdekatan, agar tidak mengganggu aktifitas pemakai.
3. Alat yang sering digunakan harus ditempat yang mudah dicapai oleh semua pemakai.
4. Alat yang besar dan tinggi ditempatkan di pinggir.
5. Alat yang bergerak/berputar dijauhkan dari tempat pengukuran yang lain, dan memakai fondasi yang kuat dan terpisah dengan lantai.
6. Penerangan harus memenuhi syarat :
  - Cukup terang, sehingga pengukur dapat melihat/mengukur dengan jelas.
  - Tidak menyilaukan
  - Tidak menimbulkan bayangan yang dapat mempengaruhi penglihatan.
7. Lantai diberi lapisan yang lunak, datar dan rata, supaya kalau benda ukur/alat ukur jatuh tidak menimbulkan kerusakan fatal.
8. Suhu ruangan sesuai dengan standar pengukuran yaitu  $20^{\circ}\text{C}$ .
9. Ruangan tidak boleh terlalu lembab, supaya tidak mudah menimbulkan korosi pada alat-alat ukur (kelembaban 50 - 60%)
10. Sirkulasi udara harus baik supaya tidak pengap.
11. Suasana tenang (jauh dari kebisingan)
12. Lebih baik kalau ada petak/ruangan teori sehingga dapat dilakukan penjelasan-penjelasan sebelum melakukan pekerjaan.

#### **E. Kesalahan Akibat Posisi Pengukuran**

Pengambilan posisi pengukuran yang salah, akan mengakibatkan kesalahan/penyimpangan dalam pengukuran. Garis pengukuran seharusnya berimpit atau sejajar dengan garis dimensi obyek ukur, apabila garis pengukuran membuat sudut sebesar dengan garis dimensi, maka akan terjadi

kesalahan yang disebut kesalahan kosinus, misalnya kesalahan yang terjadi dengan pengukuran mistar ukur dan jam ukur (lihat gambar 3.3), ada pula kemungkinan terjadi kesalahan/penyimpangan ganda/kombinasi, yaitu kesalahan sinus dan kesalahan kosinus.

Supaya tidak terjadi kesalahan yang fatal, maka pengukuran harus dilakukan secara cermat dan hati-hati.



Gambar 3.3 Kesalahan pengukuran oleh alat ukur

## BAB IV

### PENGUNAAN DAN PERAWATAN ALAT UKUR

Pengukuran linier (panjang, lebar dan tebal) merupakan hal yang sering dijumpai, tetapi dalam beberapa hal pengukuran sudut sebetulnya juga dapat dilaksanakan dengan metode pengukuran linier dengan cara menghitung sinusnya, sedangkan pengukuran lain merupakan pengembangan pengukuran. Ada 2 (dua) macam alat ukur yang digunakan untuk pengukuran linier, yaitu : Alat ukur linier langsung dan alat ukur linier tak langsung.

#### A. Alat ukur linier langsung

Alat ukur linier langsung adalah suatu alat ukur yang hasil pengukurannya dapat langsung dibaca pada bagian penunjuk (skala) dari alat ukur tersebut, sedangkan alat ukur linier tidak langsung adalah sebaliknya, dan untuk mendapatkan ukurannya perlu bantuan alat ukur langsung.

Pengukuran linier biasa digunakan untuk mengukur (tebal, panjang, lebar dan sudut). Adapun alat-alat yang dipakai antara lain mistar ukur, mistar insut, mikrometer alat ukur sudut. Dengan memakai alat tersebut akan langsung mendapatkan hasil ukurannya.

##### 1. Mistar Ukur

Mistar ukur merupakan alat ukur linier yang paling sederhana dan banyak dikenal orang. Ada beberapa macam mistar ukur, diantaranya :

##### a. Mistar baja

Mistar baja adalah alat ukur yang terbuat dari baja, baja tahan karat. Permukaan dan bagian sisinya rata dan lurus, di atasnya terdapat guratan-guratan ukuran, ada yang dalam satuan inchi, sentimeter dan ada pula yang gabungan inchi dan sentimeter. Pada skala metrik, 1 cm dibagi dalam 10 atau 20 bagian sehingga tiap bagian/strip berjarak 1 mm atau 0,5 mm.

Pada skala inchi, 1 inchi dibagi dalam 8, 16, 32 atau 64 bagian sehingga 1 bagian berjarak  $1/8"$ ,  $1/16"$ ,  $1/32"$  atau  $1/64"$ .

Mistar baja yang dipakai di ruang kerja mesin biasanya berukuran :

- 1) Panjang 15 cm, lebar 25,4 mm dan tebal 1,2 mm.
- 2) Panjang 30 cm, lebar 25,4 mm dan tebal 1,2 mm.

Mistar baja digunakan untuk mengukur panjang, lebar, tebal serta memeriksa kerataan suatu benda.

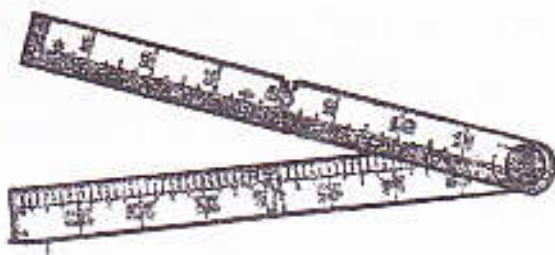


*Gambar 4.1 Mistar baja*

b) Meteran Lipat

Biasanya dibuat dari aluminium atau baja, dilihat dari segi konstruksinya sebetulnya merupakan gabungan dari mistar ukur dengan sambungan engsel pada setiap ujungnya, karena itu besar kemungkinan terjadi keausan pada engsel dan perubahan lurus garis pengukuran sewaktu melakukan pengukuran, sehingga meteran lipa sulit dijamin untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik, dibandingkan dengan pengukuran mistar ukur biasa.





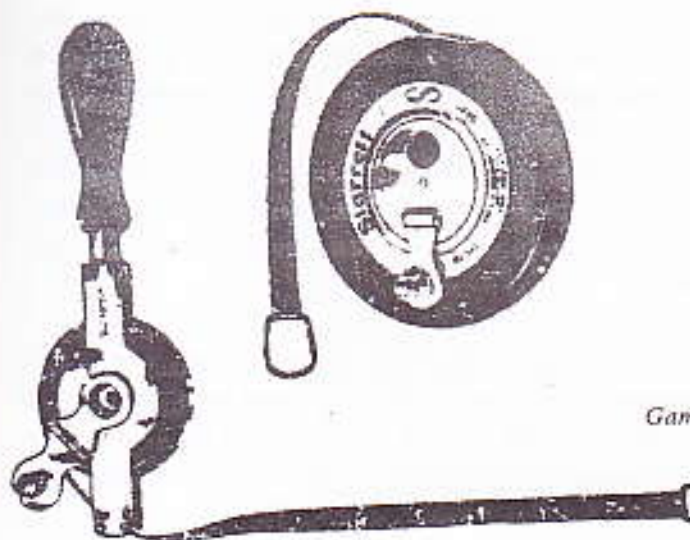
*Gambar 4.2 Meteran lipat*

c) Meteran gulung

Meteran ini dibuat dari baja yang lebih tipis daripada mistar baja, sifatnya lemas/lentur, karena itu dapat digunakan untuk mengukur bagian-bagian yang cembung dan menyudut.

Manfaat meteran gulung adalah untuk mengukur benda yang panjang dan tak dapat diukur dengan mistar baja. Sesuai dengan namanya, mistar ini apabila sudah dipakai digulung pada rumahnya.

Cara menggulungnya ada yang dengan cara menekan mistar



*Gambar 4.3. Meteran gulung*

itu saja, ada yang dengan cara memutar pemutarnya, dan ada pula yang dengan cara mekanik, yakni cukup memijit suatu tombol, mistar itu akan menggulung sendiri. Panjang mistar ini bermacam-macam, mulai dari 1 meter sampai 30 meter.

## 2 Mistar Ingsut

Nama lain dari mistar ingsut adalah mistar geser, mistar sorong atau *schuifmaat*. Prinsipnya sama seperti mistar ukur yaitu adanya skala linier pada batang, sedangkan perbedaannya terletak pada cara pengukuran obyek ukur. Konstruksinya terdiri rahang ukur tetap dan rahang ukur gerak yang berfungsi sebagai sensor untuk menjepit benda ukur sewaktu melakukan pengukuran.

Pengukuran kedua rahang ukur dibuat sejajar dan relatif kuat untuk menghindari kesalahan ukur.

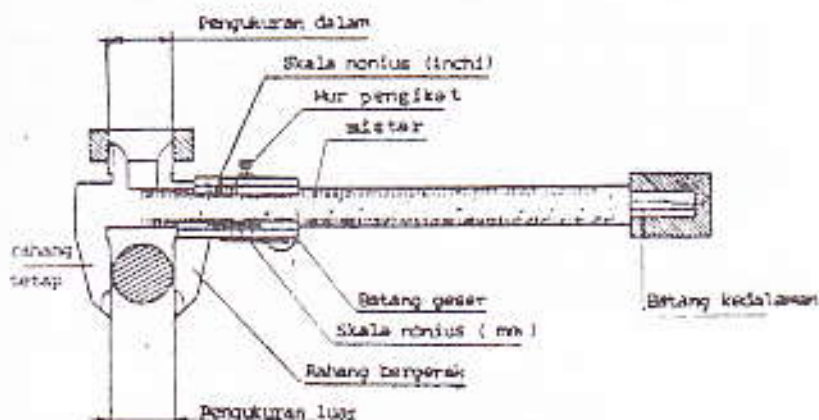
Batang ukur dibuat kaku dengan permukaan yang keras, sehingga tidak mudah melentur dan tahan aus, sebab rahang ukur gerak harus menggeser pada batang ini. Pembacaan skala linier (skala utama) dilakukan melalui garis indek yang terletak pada peluncur (yang bersatu dengan rahang ukur gerak), dengan kecermatan pembacaannya yang lebih baik dari mistar ukur (lebih kecil dari 0,5 mm), karena dibantu dengan skala nonius.

Untuk menaikkan kecermatan pembacaan, selain dengan skala nonius ada pula mistar ingsut yang memakai jam ukur, sehingga kita mengenal mistar ingsut nonius dan mistar ingsut jam.

### a) Mistar Ingsut Nonius (Vernier Caliper)

Pada umumnya mistar ingsut digunakan untuk mengukur dimensi luar, dimensi dalam dan dimensi kedalaman, tetapi ada dua jenis lain hanya untuk dimensi luar dan dalam atau hanya untuk mengukur dimensi kedalaman saja.

Alat ini biasanya mempunyai kapasitas ukur 150 mm dan paling besar 1000 mm. Kecermatan pembacaan tergantung dari skala noniusnya, dalam hal ini 0,10; 0,05 atau 0,02 mm.



Gambar 4.4. Mistar insut nonius

Hal-hal yang harus diperhatikan waktu menggunakan mistar insut :

- 1) Rahang ukur gerak (Peluncur) harus dapat meluncur pada batang ukur dengan baik, tanpa bergoyang.
- 2) Periksa kedudukan nol serta kesejajaran dari permukaan kedua rahang.
- 3) Benda ukur sedapat mungkin jangan diukur hanya dengan menggunakan ujung dari rahang ukur (harus agak ke dalam).
- 4) Tahanan pengukuran jangan terlalu kuat, yang dapat memungkinkan pembengkokan rahan ukur atau lidah ukur kedalam. Kecermatan pengukuran tergantung atas penggunaan tekanan yang cukup dan tetap, hal ini memerlukan latihan tersendiri, sehingga ujung jari yang menggerakkan peluncur dapat merasakan tekanan

pengukuran yang baik, kalau ada gunakan mur penggerak halus.

- 5) Pembacaan skala nonius dapat dilakukan setelah mistar insut diangkat dari obyek ukur secara hati-hati, setelah peluncur dimatikan. Miringkan mistar insut ini, sehingga bidang skala nonius hampir sejajar dengan bidang pandangan, dengan demikian akan mempermudah penentuan garis nonius yang menjadi segaris dengan skala utama.
- 6) Jangan disalahgunakan, misalnya untuk menggaris, memukul atau mengukur poros yang masih berputar pada mesin bubut.

#### b. Pembacaan Mistar Insut

##### (1) Pembacaan Ukuran pada Mistar Insut Metrik

- a) Untuk insut dengan skala noniusnya 0,1 mm dapat mengukur sampai 0,1 mm, pada rumah gesernya terdapat garis ukur sebanyak 10 buah yang panjangnya 9 mm. Jadi jarak antara garis yang satu terhadap garis yang lain 0,9 mm.

Garis-garis itu ditandai dengan angka 0-10, garis 0 merupakan garis petunjuk ukuran bulat misalnya 1 mm, 2 mm, 3 mm dan seterusnya.

Pada pengukuran demikian garis 0 kedudukannya satu garis dengan garis di atasnya yang terdapat pada mistar, demikian pula garis yang berangka 10 akan segaris dengan salah satu garis di atasnya.

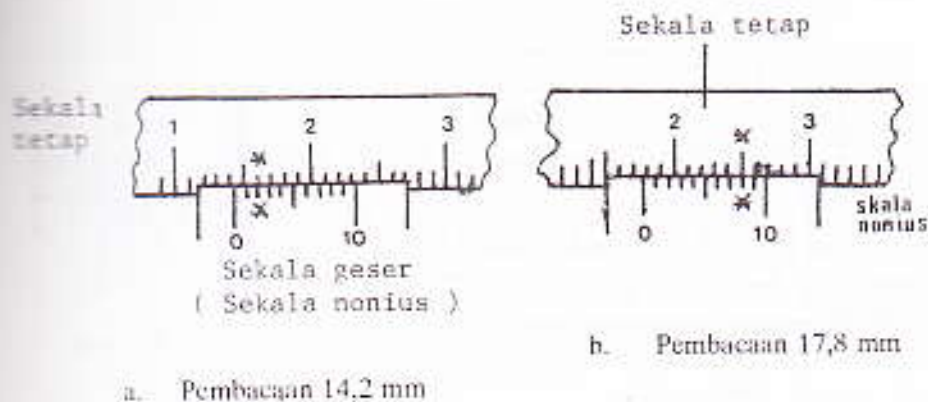
Adapun garis-garis lainnya, garis ke 1 sampai garis ke 9 tidak akan segaris dengan garis di atasnya.

Contoh : Pada pengukuran 14,2 mm letak garis-garis ukurannya adalah sebagai berikut :

- garis 0 pada rumah geser terletak antara garis ke 14 dan ke 15 pada mistar.
- garis ke 2 pada rumah geser kedudukan



nya satu garis dengan suatu garis pada mistar.



Gambar 4.5 Pembacaan mistar insut dengan ketelitian 0,1 mm

#### b) Mistar Insut dengan Ketelitian 0,05 mm

Pada pembagian ini, garis ukur pada rumah geser berjumlah 20 buah, jarak dari 0 sampai 20 adalah 19 mm, berarti jarak antara garis yang satu dengan yang lainnya  $19 : 20 = 0,95$  mm.

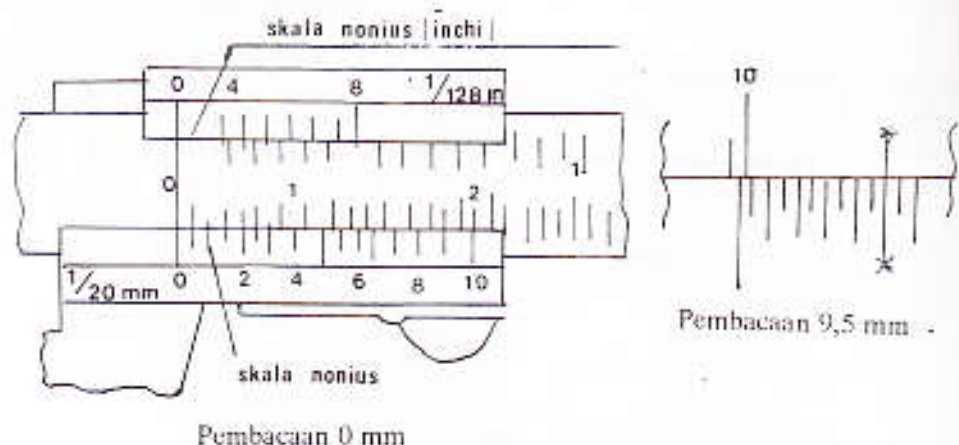
Jadi selisih dari dua skala ini  $1 - 0,95$  mm = 0,05 mm, berarti pula bahwa mistar insut mampu mengukur sampai ukuran terkecil 0,05 mm.

Cara pembacaannya sama dengan membaca ketelitian 0,1 mm.

Contoh : Pada pengukuran 9,5 mm maka kedudukan garis-garis ukurnya adalah :

- garis 0 pada rumah geser terletak antara garis ke 9 dan ke 10 pada mistar (skala tetap)

garis ke 10 pada rumah geser segaris dengan suatu garis pada mistar (skala tetap).



Gambar 4.6 Pembacaan mistar insut dengan ketelitian 0,05 mm

c) Mistar Insut dengan Ketelitian 0,02 mm

Pada pembagian ini, garis ukur pada rumah geser berjumlah 50 buah. Jarak dari 0 sampai 50 adalah 49 mm, berarti jarak antara garis yang satu dengan yang lainnya  $49 : 50 = 0,98$  mm.

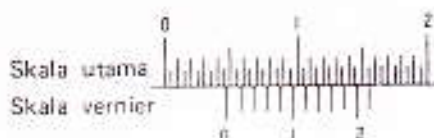
Jadi selisih dari dua skala ini  $1 - 0,98 \text{ mm} = 0,02 \text{ mm}$ , berarti pula bahwa mistar insut ini mampu mengukur sampai ukuran terkecil 0,02 mm.

Contoh : Pada pengukuran 4,72 mm maka kedudukan garis-garis ukurnya adalah :

- garis 0 pada rumah geser (skala nonius/vernier) terletak antara garis ke 4,5 dan 5 pada skala mistar (skala utama tetap).

garis ke 11 pada skala nonius segaris dengan suatu garis pada mistar (skala tetap).

Skala utama	4,5 mm
Skala vernier	0,22 mm (0,02 x 11)
Jumlah	4,72 mm



Pembacaan 4,72 mm

Gambar 4.7 Pembacaan mistar insut dengan ketelitian 0,02 mm

(2) Pembacaan ukuran pada mistar insut ukuran inchi

Ada dua ukuran inchi, yaitu bentuk pecahan dan bentuk desimal.

a) Bentuk pecahan

Angka-angka yang terdapat pada mistar misalnya 1, 2, 3 dan seterusnya menunjukkan ukuran inchi. Dari angka ke angka dibagi dalam 16 bagian sehingga 1 bagian jaraknya  $1/16"$ .

Pada rumah geser terdapat garis-garis ukur yang jaraknya  $7/16"$  dan terbagi atas 8 bagian.

Berarti 1 bagian =  $7/16" : 8 = 7/128"$ .

Selisih skala  $1/16" - 7/128" = 1/128"$ . Jadi ketelitian pengukuran dari mistar insut ini adalah  $1/128"$ .

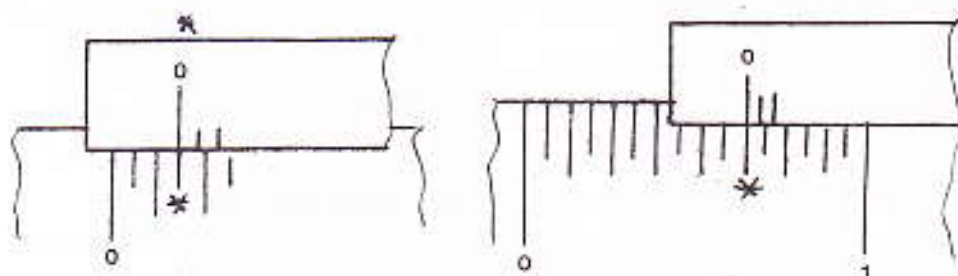
Contoh : Pada pengukuran  $3/16"$  kedudukan garis-garis ukurnya adalah :

- garis 0 pada rumah geser segaris dengan garis ke 3 pada mistar.

- garis ke 8 pada rumah geser segaris dengan suatu garis pada mistar.

Contoh : Pada pengukuran  $5/8" = 10/16"$ ,  
Kedudukan garis-garis ukurnya adalah :

- garis 0 pada rumah geser segaris dengan garis ke 10 pada mistar.
- garis ke 8 pada rumah geser segaris dengan suatu garis pada mistar.



a. Pembacaan ukuran  $3/16"$

b. Pembacaan ukuran  $5/8"$

Gambar 4.8. Pembacaan mistar insut bentuk pecahan

#### b). Bentuk desimal

Jarak 1" pada mistar dibagi dalam 10 bagian, sehingga 1 bagian yang berangka  $1/10"$ .

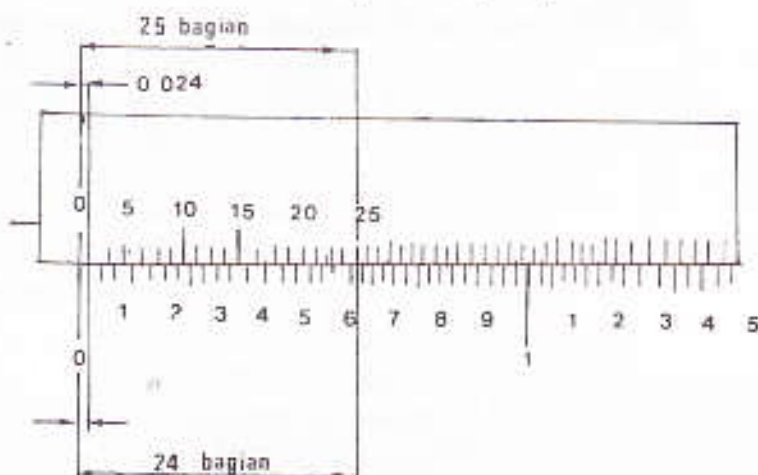
Dari angka ke angka ( $1/10"$ ) dibagi dalam 4 bagian sehingga 1 bagian  $0,025"$ .

Pada rumah geser dibagi dalam 25 bagian. 25 bagian ini jaraknya  $0,6"$ . Jadi 1 bagian jaraknya  $0,6" : 25 = 0,024"$ .

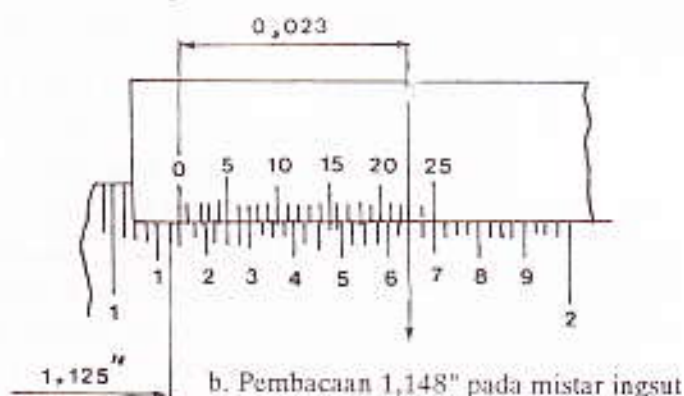
Karena selisih skala itu  $0,025" - 0,024" = 0,001"$ . Berarti pula bahwa mistar insut itu mempunyai ketelitian  $0,001"$ .



Contoh : Pada pengukuran 1,148" adalah :  
 $1,148'' = 1'' + 0,1'' + 0,025'' + 0,023''$ , jadi  
 penunjukannya angka 0 pada rumah  
 geser terletak antara garis ke 1 dan ke 2  
 yang berangka, dan garis ke 23 segaris  
 dengan suatu garis pada mistar.



a. Pembacaan pada skala 0



b. Pembacaan 1,148" pada mistar insut

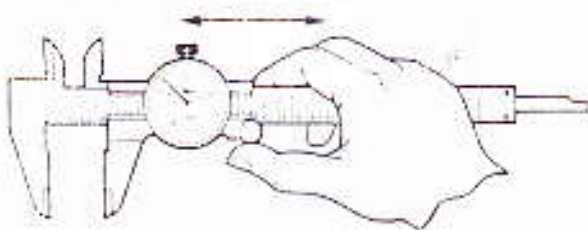
Gambar 4.9 Pembacaan pada mistar insut bentuk desimal

c.) Mistar Ingsut Jam (Dial Caliper)

Mistar ini memakai jarum ukur sebagai ganti dari skala nonius, gerak lurus dari sensor diubah menjadi gerak berputar dari jarum penunjuk, dengan perantara roda gigi pada poros jarum ukur dan batang bergigi yang melekat ditengah-tengah sepanjang batang mistar (gambar 4.10).

Derajat kecermatan mistar ingsut jam, sama seperti mistar ingsut nonius, yaitu  $0,10 \text{ mm} : 0,05 \text{ mm}$ , atau satu putaran jarum penunjuk terbagi dalam 100 bagian skala, yang berarti untuk satu putaran, maka sensor (rahang ukur bergerak) bergeser sejauh  $100 \times 0,1 \text{ mm}$  atau  $10 \text{ mm}$ .

Tiap sepuluh bagian skala jarum ukur diberi sangka dalam satuan mm, dengan demikian pembagian skala utamanya (pada batang ukur) cukup dalam selang  $1 \text{ cm}$  saja.

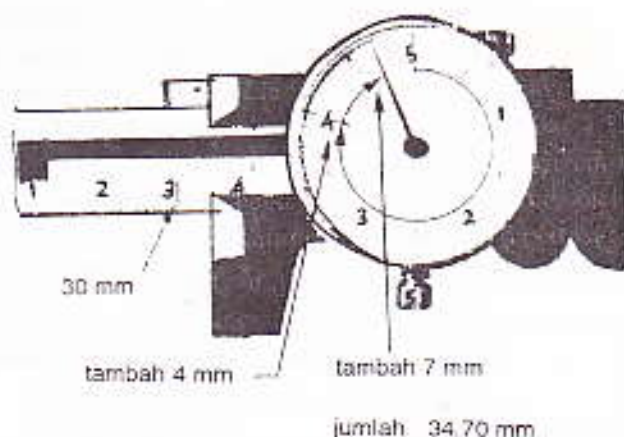


Gambar 4.10 Mistar ingsut jam (Dial vernier caliper)

1) Pembacaan Ukuran pada Mistar Ingsut Jam

Contoh : Pada pengukuran  $34,70 \text{ mm}$ .

- Pada skala tetap menunjukkan angka 3 yang berarti ukurannya adalah  $30 \text{ mm}$ .
- Pada skala geser (nonius jam) menunjukkan angka 4, yang berarti ukurannya  $4 \text{ mm}$ .
- Pada jarum jam menunjukkan pada skala 7 yang berarti ukurannya  $0,7 \text{ mm}$ .
- Ukuran seluruhnya adalah  $30 + 4 + 0,70 \text{ mm} = 34,70 \text{ mm}$ .



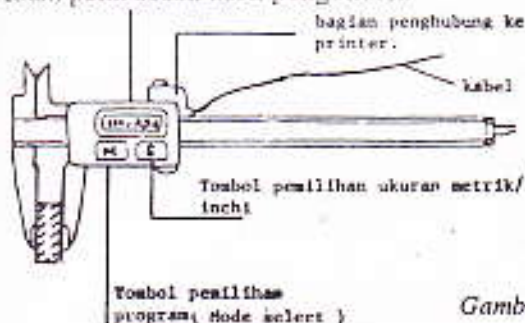
Gambar 4.11 Pembacaan pada mistar insut jam

#### d.) Mistar insut digital elektronik

Alat ini bekerja secara elektronik dan hasil pengukurannya dengan cepat dan mudah untuk dibaca, mengingat adanya sistem pencatat digital. Data pengukuran dapat langsung dihubungkan ke komputer dan printer untuk dianalisa lebih lanjut.

Alat ukur ini mempunyai kapasitas yang berbeda-beda, misalnya sampai 150 mm (6 inchi) dengan ketelitian 0,001 atau 0,025 mm.

Kotak pembacaan hasil pengukuran



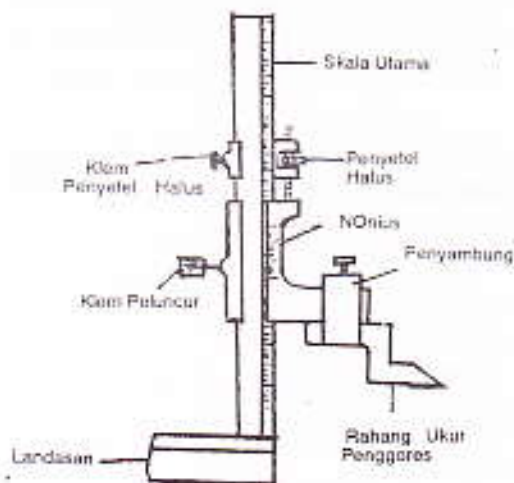
Gambar 4.12 Mistar insut digital elektronik

e.) Mistar Ingsut Ketinggian (Kaliber tinggi/height gauge)

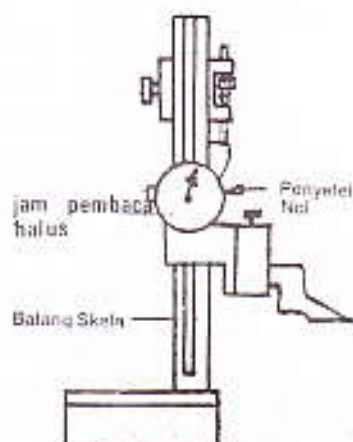
Mistar ini berfungsi sebagai pengukur ketinggian, ada yang dilengkapi dengan jam ukur serta angka penunjuk mekanis atau elektronis (gambar 4.13) Pada saat mulai pengukuran untuk setiap kedudukan rahang ukur, angka pada penunjuk berangka dapat disetel nol, sebab itu pada saat akhir pengukuran hasil dapat langsung diketahui.

Dengan tambahan peralatan lain yang dipasang pada peluncur, mistar insut ketinggian ini dapat dipakai untuk bermacam- macam pengukuran, antara lain :

1. Mengukur ketinggian (gambar 4.14)
2. Membuat garis gores (gambar 4.15)
3. Alat ukur pembanding (gambar 4.16) rahang ukur dapat diganti dengan jam ukur (dial comparator).



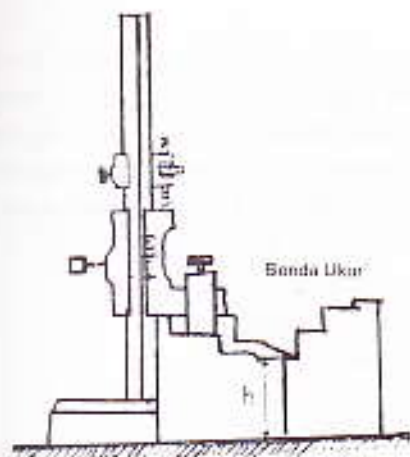
a. pengukur tinggi biasa



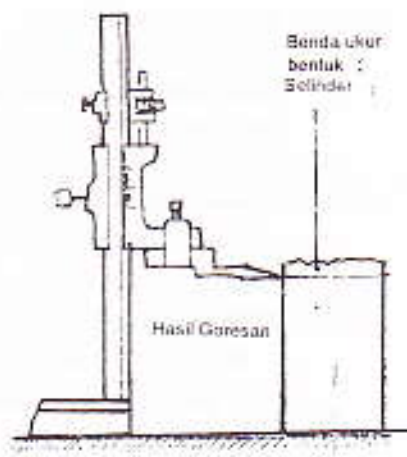
b. pengukur tinggi dengan jam

Gambar 4.13 Mistar insut ketinggian dan bagian-bagiannya

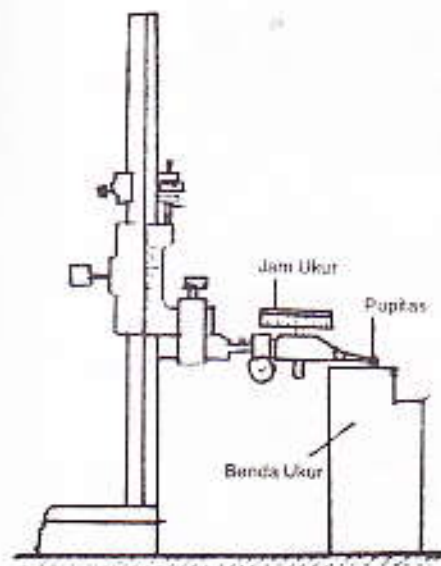




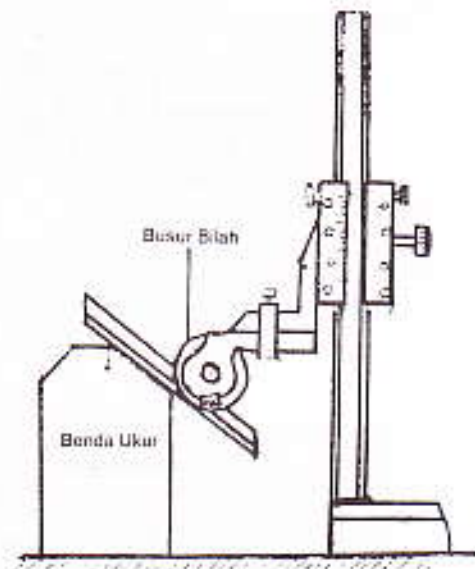
Gambar 4.14 Mengukur tinggi Gambar



4.15 Membuat goresan



Gambar 4.16 Ukur pembeding



Gambar 4.17 Pengukur sudut/ke miringan.

f. Mistar Ingsut lainnya

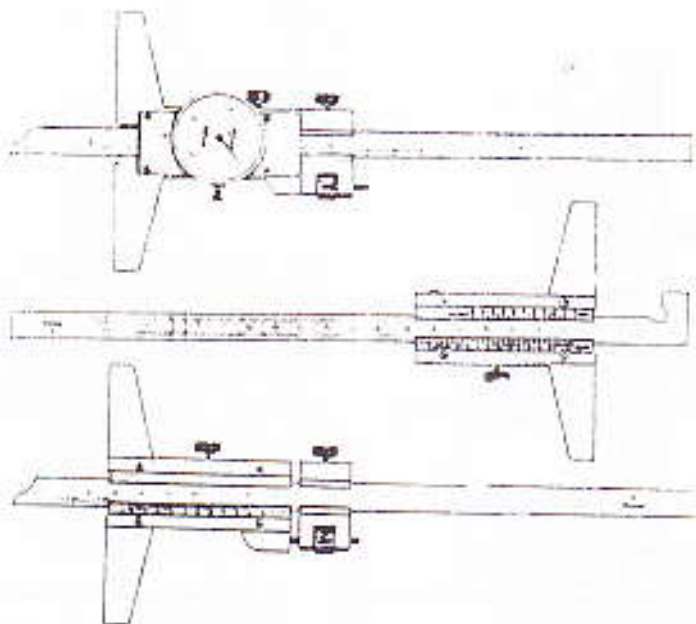
Mistar ingsut geser merupakan alat ukur yang praktis dengan keermatan maksimum yang dapat dicapai sebesar 0,02 mm atau 0,001 inci atau untuk pecahan 1/128 inci. Kecermatan setinggi ini dianggap cukup untuk mengukur obyek ukur, karena kesederhanaan. Konstruksinya maka alat ukur ini dikembangkan menjadi bermacam-macam jenis menurut kebutuhannya.

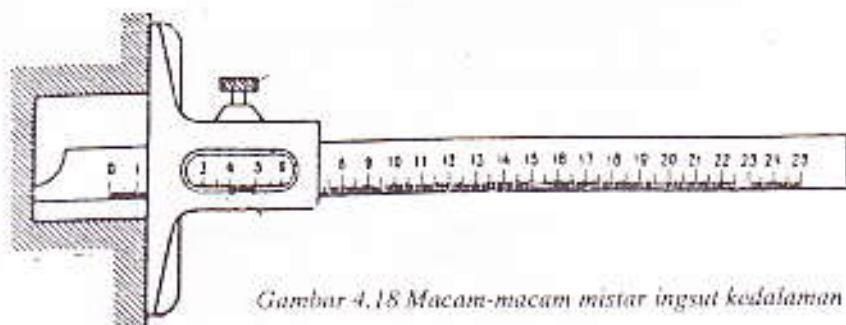
Adapun jenis-jenis mistar ingsut/sorong adalah :

1) Mistar ingsut kedalaman (depth vernier caliper)

Mistar ingsut ini dapat digunakan untuk :

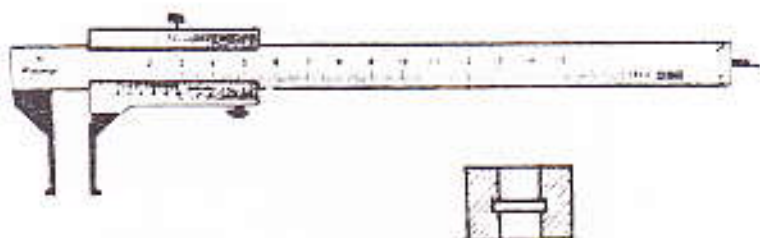
- a) pengukur kedalaman
- b) pengukur lebar dan posisi alur terhadap tepi atau ukur lainnya dengan menggunakan ujung berkait.





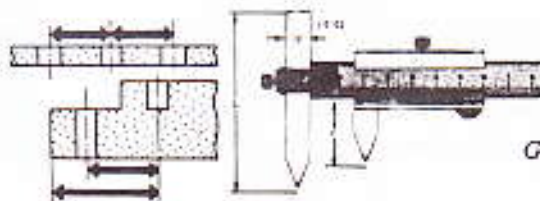
*Gambar 4.18 Macam-macam mistar insut kedalaman*

- 2) Mistar insut diameter alur dalam (Groove vernier caliper)  
 Alat ukur ini digunakan untuk mengukur alur di dalam silinder dengan diameter silinder minimum 30 mm.



*Gambar 4.19 Mistar insut diameter alur dalam*

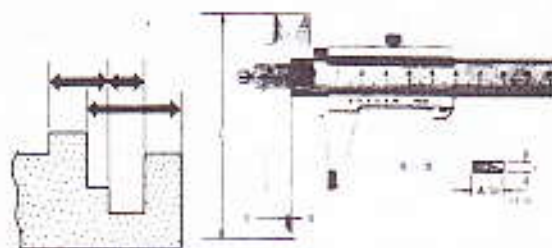
- 3) Mistar insut jarak senter (off set jaws vernier caliper).  
 Alat ini digunakan untuk mengukur :
- Jarak antara lubang senter
  - Jarak dari senter ke tepi



*Gambar 4.20 Mistar insut jarak senter*

4) Mistar ingsut tak sebidang

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur jarak antara dua permukaan yang bertingkat.



Gambar 4.21 Mistar ingsut tak sebidang

5) Mistar ingsut pipa (tube vernier caliper)

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur :

- tebal pipa
- tebal pelat yang melengkung

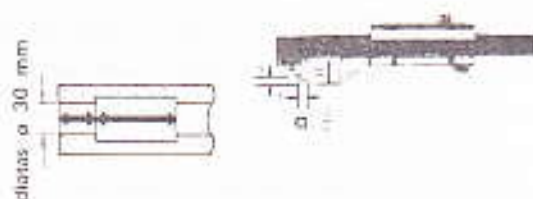


Gambar 4.22 Mistar ingsut pipa

6) Mistar ingsut posisi dan panjang alur (vernier caliper with hooked jaws).

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur panjang alur dalam posisinya terhadap tepi alur lain.

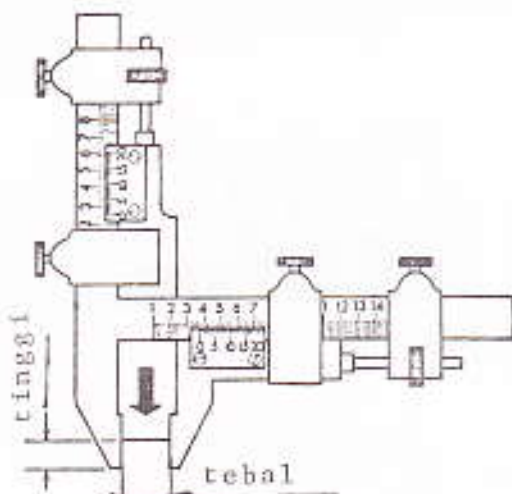




Gambar 4.23 Mistar insut posisi dan panjang alar

7). Mistar insut roda gigi

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur tebal dan tinggi gigi.



Gambar 4.24 Mistar insut roda gigi

Masih banyak lagi jenis lain yang biasa digunakan pada keperluan keteknikan.

3. Mikrometer (Micrometer)

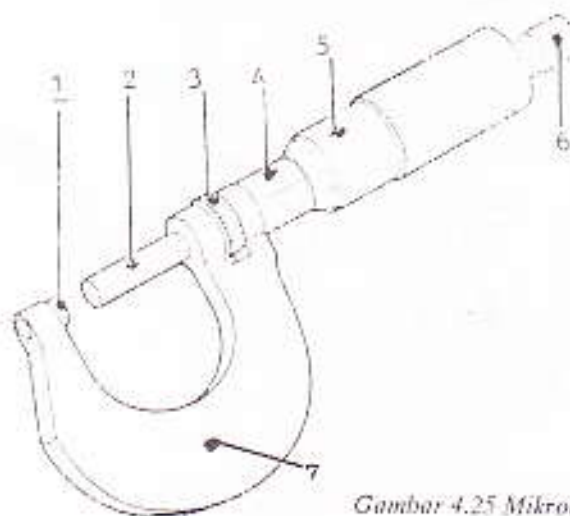
Mikrometer merupakan alat ukur linier yang mempunyai kecermatan yang lebih baik dari pada mistar insut, yaitu pada umumnya mempunyai kecermatan 0,01 mm, ada pula

yang 0,005 mm, 0,002 mm, 0,001 m dan bahkan sampai 0,0005 mm (dibantu dengan skala nonius).

Sebetulnya alat ini tidak dapat mengukur sampai kecermatan satu mikrometer, meskipun alat ini disebut mikrometer.

Meskipun demikian, karena keterbatasan dari ketelitian pembuatan ulir yang merupakan komponen utama dari sistem pengubah mikrometer ini, maka derajat kepercayaan atas hasil pengukuran akan turun apabila mikrometer tersebut mempunyai kecermatan yang lebih kecil dari 0,005 mm.

Jika menghendaki kecermatan sampai satu mikron atau lebih, diperlukan alat ukur yang lebih peka seperti alat ukur pembandingan (comparator).



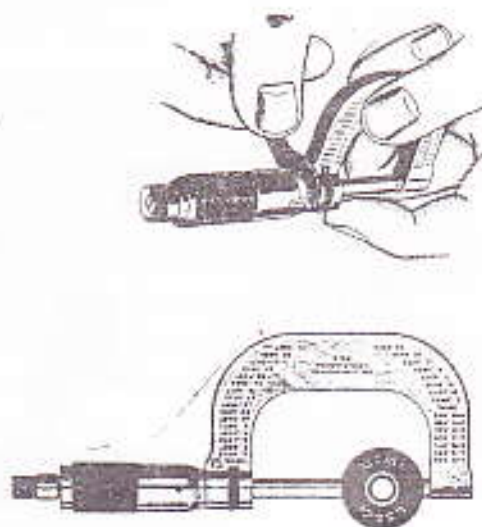
Nama bagian utama mikrometer :

1. Landasan (anvil)
2. Poros geser (spindle)
3. Pengunci (locknut)
4. Tabung ukur (sleeve)
5. Tabung putar (thimble)
6. Racet (ratchet)
7. Rangka (Frame)

Gambar 4.25 Mikrometer dan bagian-bagian utamanya

- a) Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan mikrometer
- 1) Permukaan benda ukur dan mulut ukur dari mikrometer harus dibersihkan dahulu. Adanya kotoran terutama bekas proses pemesinan dapat menyebabkan kesalahan ukur atau merusak permukaan mulut ukur mikrometer.

- 2) Sebelum dipakai kedudukan nol dari mikrometer harus diperiksa. Apabila, perlu kedudukan nol ini disetel dengan cara merapatkan mulut ukur dan silinder tetap diputar dengan memakai kunci penyetel, sampai garis referensi dari skala tetap bertemu dengan garis nol dari skala putar (gambar 4.26).
- 3) Bukalah mulut ukur sampai sedikit melebihi dimensi obyek ukur. Apabila dimensi tersebut cukup lebar, cepat dengan cara menggelindingkan silinder putar pada telapak tangan. Jangan sekali-kali memutar rangkanya dengan memegang silinder putar seolah-olah memegang mainan anak-anak.



Gambar 4.26 Memeriksa kedudukan nol mikrometer

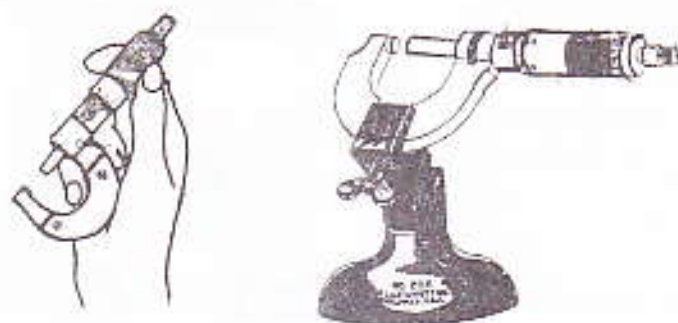
- 4) Benda ukur dipegang dengan tangan kiri dan mikrometer dengan tangan kanan (gambar 4.27).

Rangka mikrometer diletakkan pada tapak kanan dan ditahan oleh kelingking, jari manis serta jari tengah.

Telunjuk dan ibu jari digunakan untuk memutar silinder putar. Jika rangka mikrometer dipegang oleh kedudukannya, maka memutar silinder putar oleh cukup telunjuk dan ibu jari.

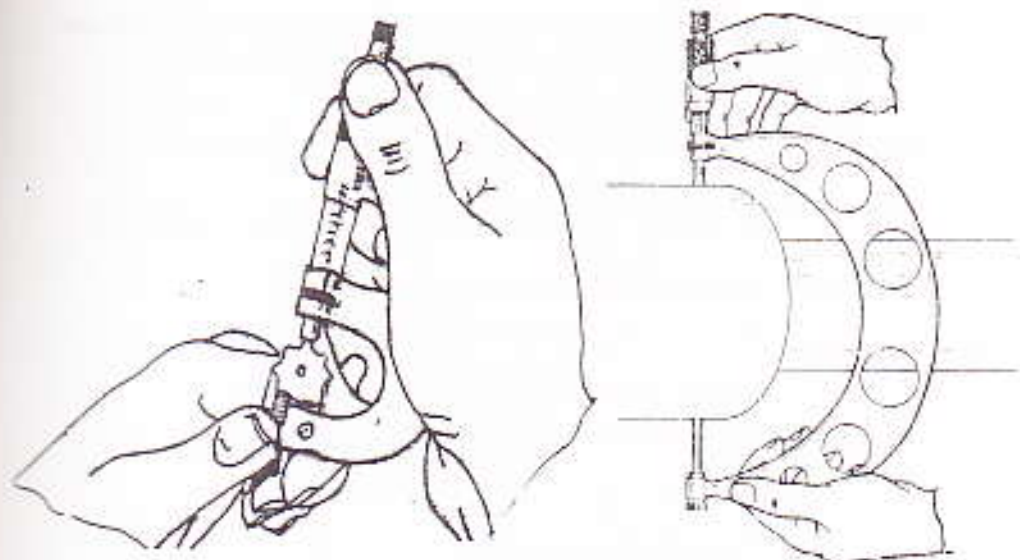
- 5) Pada waktu mengukur, penekanan poros ukur pada benda ukur tidak boleh terlalu keras yang memungkinkan kesalahan ukur, karena adanya deformasi (perubahan bentuk) dari benda ukur maupun alat ukurnya sendiri. Selain itu penekanan yang terlalu keras dapat pula merusak ulir utama.

Kecermatan pengukuran tergantung atas penggunaan tekanan pengukuran yang cukup dan tetap. Hal ini dapat dicapai dengan cara memutar silinder putar melalui gigi gelincir (ratchet), atau tabung gelinder (friction thimble) sewaktu poros ukur hampir mencapai permukaan benda ukur. Jika pembatas momen putar tidak ada, gunakanlah perasaan yang baik sewaktu memutar silinder putar.



Gambar 4.27 Cara memegang mikrometer





Gambar 4.28 Mengukur dengan mikrometer

b). Pembacaan ukuran pada mikrometer

1) Mikrometer ukur metrik ketelitian 0,01 mm

Pada bagian tabung ukur dan tabung putar terdapat angka- angka dan garis-garis ukur. Angka-angka dan garis ukur inilah yang menunjukkan ukuran benda yang diukur, dengan ukuran milimeter, misalnya 0,5, 10, 15, 20 dan seterusnya. Dari 0 - 5 jaraknya 5 mm, demikian pula 5 - 10 = 5 mm dan seterusnya, atau angka ke angka dibagi dalam 5 bagian sehingga 1 bagian jaraknya 1 mm.

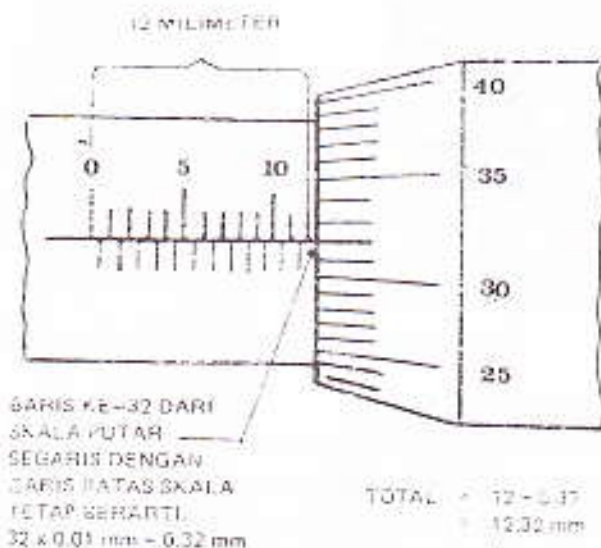
Pada bagian bawah garis-garis ini terdapat pula garis- garis ukur pembagi dua, artinya antara garis atas dan garis bawah jaraknya 0,5 mm.

Pada bagian tabung putar terdapat garis-garis ukur yang banyak 50 buah. Jika tabung putar diputar satu kali (misalnya dari angka 0 sampai ke angka 0 lagi), maka poros geser akan bergerak 0,5 mm. Jika dua kali putar, berarti  $2 \times 0,5 \text{ mm} = 1 \text{ mm}$ , oleh karena itu tabung putar

dibagi dalam 50 bagian, dan 1 bagian jaraknya  $0,5 : 50 = 0,01$  mm langkah poros geser.

Contoh : Pada ukuran 12,32 mm adalah :

- garis ukur milimeter yang ke 12 pada tabung ukur terlihat jelas.
- garis ke 32 pada tabung putar segaris dengan sisi tabung putar.



Gambar 4.29 Pembacaan ukuran pada mikrometer

## 2) Mikrometer ukuran metrik ketelitian 0,001 mm

Mikrometer ini dapat mengukur sampai 0,001 mm, jenisnya ada yang biasa (seperti ketelitian 0,01 mm) dan ada yang digit mekanik, tetapi cara pembacaannya sama saja dengan mikrometer biasa.

Perbedaannya adalah garis-garis ukuran tengahan dan satuan ada di bawah garis referen, sedangkan skala noniusnya di atas garis referen yang jumlahnya 10 buah, dan sekaligus menunjukkan ukuran mikron.

Untuk membaca skala noniusnya dicari garis yang segaris antara skala noniusnya dengan skala pada tabung putar.

Contoh : Pembacaan ukuran 6,213 mm, adalah :

- garis ukur milimeter yang ke 6 pada tabung ukur terlihat jelas.
- garis ke 21 pada tabung putar terlihat jelas dekat garis referen.
- garis ke 3 pada skala nonius segaris dengan suatu garis pada tabung putar.
- jumlah ukurannya adalah :

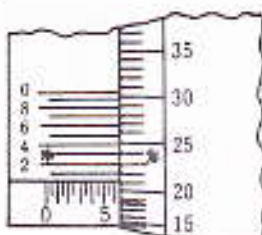
$$6 + 0,21 + 0,003 \text{ mm} = 6,213 \text{ mm.}$$

$$\text{Skala tabung tetap} = 6 \text{ mm.}$$

$$\text{Skala tabung putar} = 0,21 \text{ mm}$$

$$\text{Skala nonius} = 0,003 \text{ mm}$$

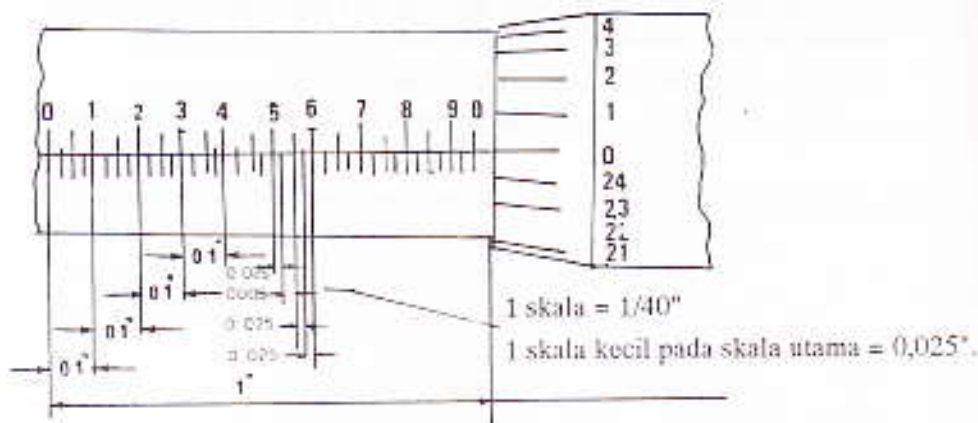
$$\text{J u m l a h} = 6,213 \text{ mm.}$$



Gambar 4.30. Pembacaan mikrometer ketelitian 0,001 mm

### 3) Mikrometer ukuran inchi

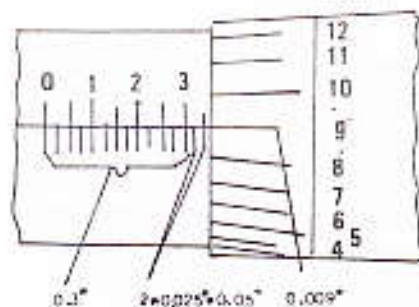
Pada bagian tabung ukur hanya terdapat satu baris garis ukur, dari angka ke angka jaraknya 0,1" dan dibagi dalam 4 bagian, berarti 1 bagian 0,025", sedangkan pada tabung putar terdapat 25 garis ukur. Jika tabung putar diputar 1 kali (misalnya dari angka 0 ke 1), maka poros geser akan bergeser 0,025". Jadi jarak antara garis yang satu dengan garis lainnya pada tabung putar  $0,025" : 25 = 0,001"$  langkah poros geser, berarti pula ketelitiannya 0,001".



Gambar 4.31 Pembagian skala ukur mikrometer dalam inchi.

Contoh : Pada pembacaan 0,359 inchi

- garis ukur inchi yang ke 3 pada tabung ukur terlihat jelas, ini berarti menunjukkan ukuran 0,3 inchi.
- garis ke 2 skala kecil sebelah kanan angka 3 menunjukkan  $2 \times 0,025 = 0,05$  inchi.
- garis ke 9 pada skala putar (tabung putar) posisinya segaris dengan garis referen (garis mendatar pada tabung ukur), ini menunjukkan ukuran  $9 \times 0,001 = 0,009$  inchi.
- ukuran seluruhnya adalah :  $0,3 + 0,05 + 0,009 = 0,359$  inchi.



Gambar 4.32 Pembacaan 0,359" pada mikrometer.

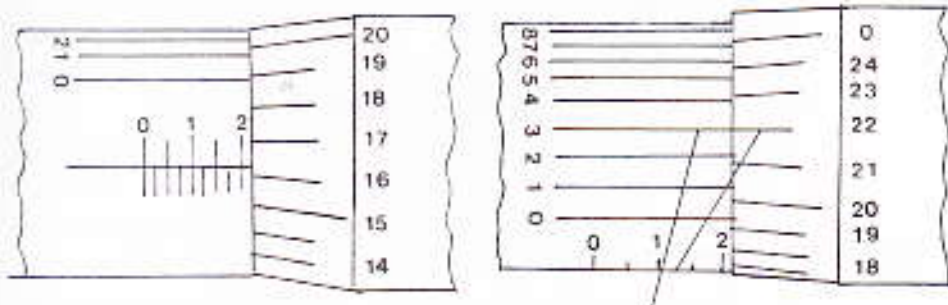


4) Mikrometer ketelitian 0,0001".

Mikrometer ini dilengkapi dengan skala vernier (nonius) dan mempunyai ketelitian 0,0001" (Gambar 4.33)

Contoh : Pembacaan ukuran 0,2163".

- garis ukur inchi yang ke 2 pada tabung ukur terlihat jelas, ini berarti menunjukkan ukuran 0,2 inchi.
- garis ukur inchi yang ke 16 pada tabung putar menunjukkan ukuran 0,016 inchi.
- garis ukur nonius ke 3 yang segaris dengan salah satu garis skala tabung putar, berarti ukurannya adalah 0,0003 inchi.
- ukuran seluruhnya adalah  $0,2" + 0,016" + 0,0003" = 0,2163"$ .



0,216 + (Kelebihan yang ditunjuk skala tetap) skala putar dan

Garis ke 3 nonius segaris dengan salah satu garis skala putar, berarti :  $0,3 \times 0,001 = 0,0003$

Gambar 4.33 Pembacaan skala ukur mikrometer skala vernier (nonius) dalam inchi.

c) Pemeliharaan Mikrometer

Mikrometer tidak boleh disalahgunakan, misalnya dipakai sebagai penjepet (klem), untuk mengukur poros yang masih berputar, sebagai

pemukul dan sebagainya.

Setelah mikrometr dipakai simpanlah pada tempat yang telah disediakan. Sebelum disimpan, mikrometer dibersihkan dengan lap bersih dan diberi sedikit vaseline pada poros ukur dan kedua muka ukurnya.

Agar tidak berkarat, mikrometer biasanya dilapis dengan email atau chrom, pada bagian ini tidak perlu diberi vaseline.

d) Jenis-jenis mikrometer

1) Mikrometer luar (Outside Micrometer)

Skala ukur dari mikrometer ini bermacam-macam dari yang paling kecil sampai yang besar, misalnya 0 - 25 mm, 25 - 50 mm, 50 - 75 mm, 75 - 100 mm, sampai 1000 mm, dengan tingkat kenaikan ukuran sebesar 25 mm.

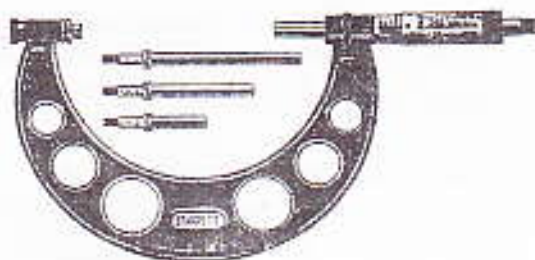
Pembatasan kenaikan tingkat sebesar 25 mm ini dimaksudkan untuk menjaga ketelitian alat ukur ini. Konstruksi mikrometer ada yang memakai jam ukur dan skala digit mekanik (mekanik digit scale). Adapun macam mikrometer luar adalah sebagai berikut :

- a) Mikrometer luar dengan landasan, berkapasitar ukur besar yaitu dari 0 - 100 mm, 0 - 150 mm, 100- 200 mm sampai 900 - 1000 mm, dengan kenaikan tingkat 100 - 150 mm dan jarak gerak poros ukurnya tetap 25 mm.

Landasan tetap dapat diganti, sehingga mikrometer dengan kapasitas 0 - 100 mm mempunyai 4 landasan tetap dengan tingkat perubahan panjang sebesar 25 mm, maka daerah pengukuran dapat menjadi 0 - 25 mm, maka daerah pengukuran dapat menjadi 0 - 25 mm, 25 - 50 mm, 50 - 75 mm dan 75 - 100 mm.

- b) Mikrometer luar dengan jam ukur (out side micrometer with dial indicator).

Mikrometer ini merupakan gabungan antara mikrometer dengan jam ukur, digunakan untuk mengukur dimensi produk dalam jumlah banyak.



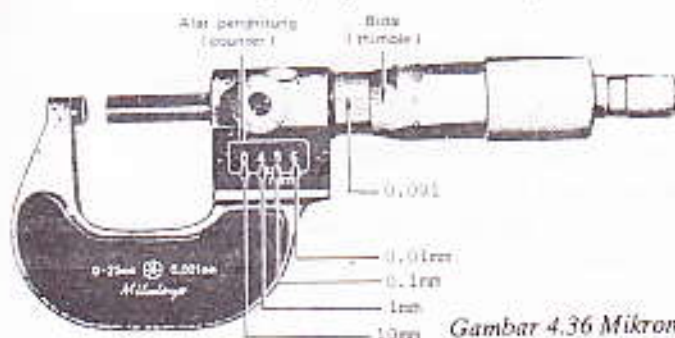
Gambar 4.34 Mikrometer dengan landasan dapat diganti.



Gambar 4.35 Mikrometer dengan jam ukur

- c) Mikrometer luar dengan penunjuk berangka (digit outside micrometer).

Mikrometer ini dibantu dengan penunjuk berangka, yaitu digit yang memudahkan pembacaan hasil pengukuran.

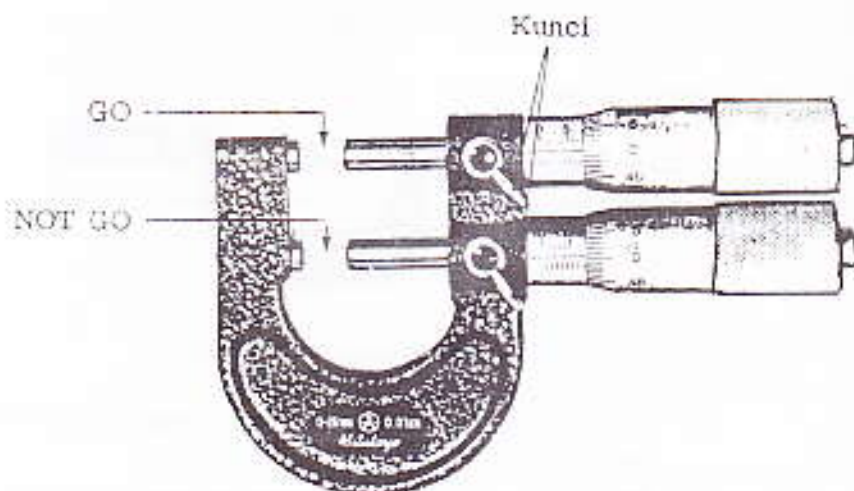


Gambar 4.36 Mikrometer dengan digit mekanik

d) Mikrometer batas (limit micrometer)

Mikrometer ini digunakan sebagai kaliber batas, digunakan untuk benda kerja yang mempunyai ukuran dasar tertentu dengan daerah toleransi yang agak besar.

Konstruksinya merupakan 2 mikrometer yang disatukan, mulut ukur di atas bisa diatur dan selanjutnya dikunci/dimatikan sesuai dengan ukuran maksimum (GO), dan mulut ukur yang di bawah diatur sesuai dengan ukuran minimum (NO GO).

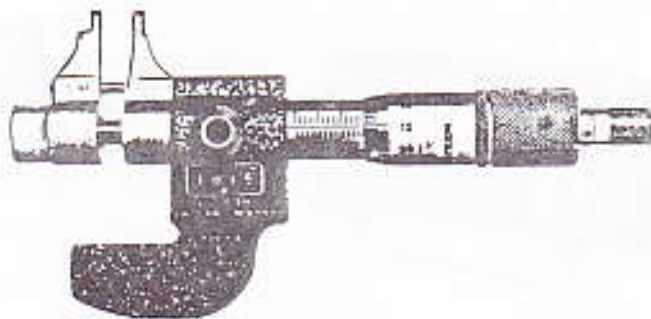


Gambar 4.37 Mikrometer batas.

e) Mikrometer jenis rahang (outside micrometer caliper).

Karena bentuknya yang tersendiri (unik) mikrometer isi dapat digunakan untuk mengukur dimensi luar/dalam dari benda yang sulit diukur atau dicapai oleh mikrometer luar.





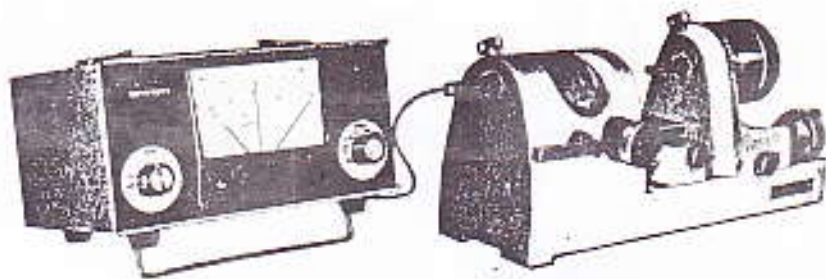
Inside mikrometer



Outside mikrometer

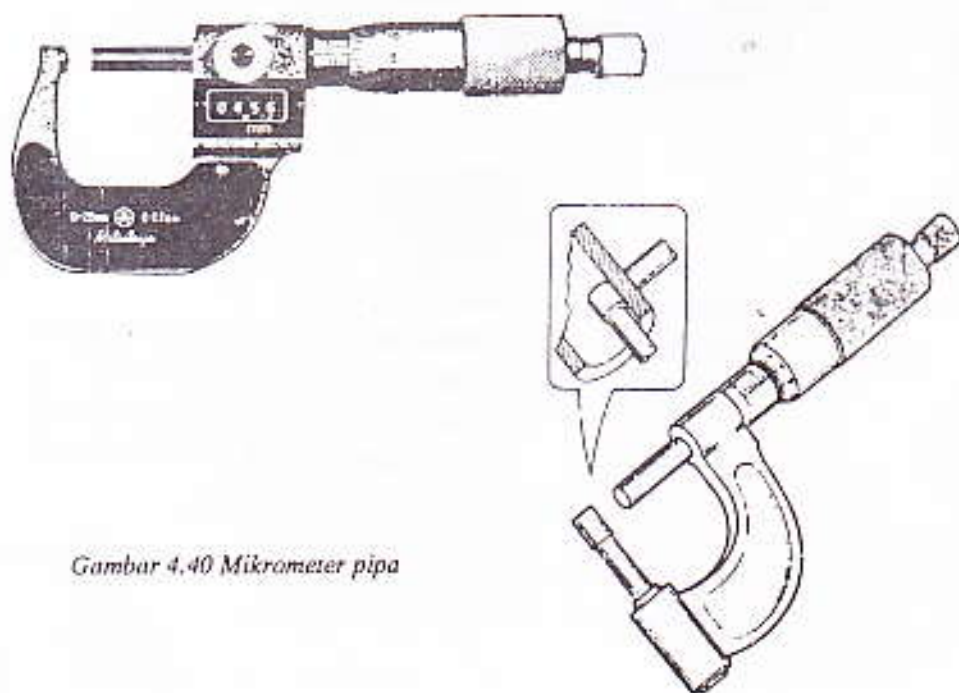
*Gambar 4.38 Mikrometer jenis rahang*

- f) Mikrometer bangku (bench micrometer)  
 Alat ini disamping digunakan sebagai mikrometer luar, dapat juga digunakan untuk mengecek benda produksi masal. Mikrometer ini biasanya mempunyai ketelitian tinggi sampai 0,002 mm ada juga yang dilengkapi dengan jam ukur dengan ketelitian 0,001 mm



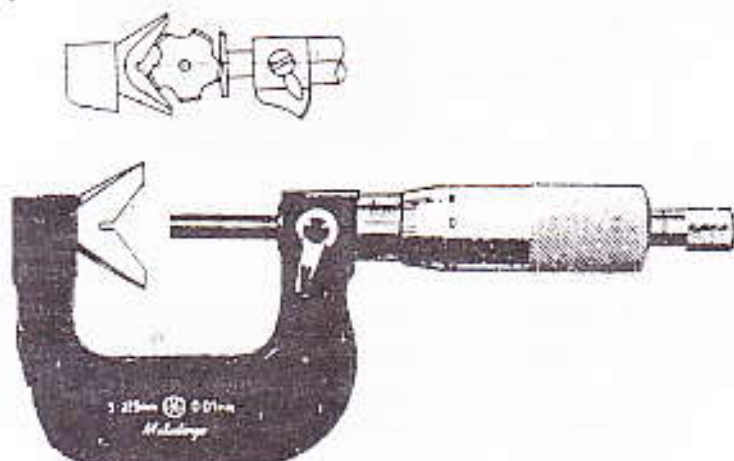
Gambar 4.39 Mikrometer bangku dengan Mu checker

- (g) Mikrometer pipa (tube micrometer)  
 Mikrometer ini dapat digunakan untuk mengukur tehal pipa, pelat lengkung dan sebagainya.



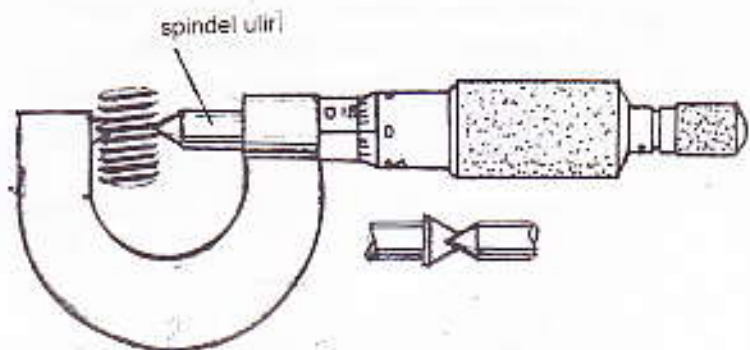
Gambar 4.40 Mikrometer pipa

- h) Mikrometer landasan V (V anvil micrometer).  
Mikrometer ini dapat digunakan untuk :
- (1) Mengukur diameter serta kebulatannya
  - (2) Mengukur diameter luar dari perkakas potong dengan 3 sampai 5 alur.
  - (3) Mengukur diameter kisar tap dengan bantuan satu kawat.



Gambar 4.41 Mikrometer landasan V

- i) Mikrometer ulir (thread micrometer)  
Mikrometer ini dapat digunakan untuk mengukur diameter tusuk/inti ulir.  
Konstruksi muka ukur alat ini ada yang tetap dan dapat diganti, tergantung besar kecilnya kisar ulir, dan umumnya dapat mengukur ulir metrik.

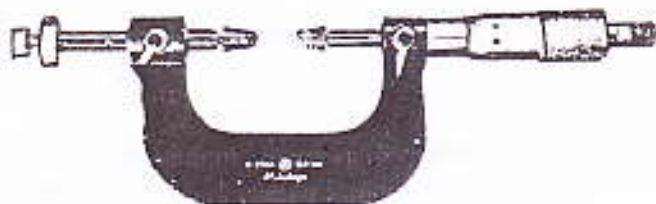


Gambar 4.42 Mikrometer ulir

j) Mikrometer roda gigi (gear micrometer)

Mikrometer ini mempunyai muka ukur berbentuk bulat yang dapat diganti untuk beberapa macam diameter.

Kedua muka ukur diletakkan di antara dua gigi secara simetris terhadap pusat roda gigi. Modul gigi yang dapat diukur dari 0,5 sampai 5, 25 mm



Gambar 4.43 Mikrometer roda gigi

k) Mikrometer cakra piringan (disc micrometer)

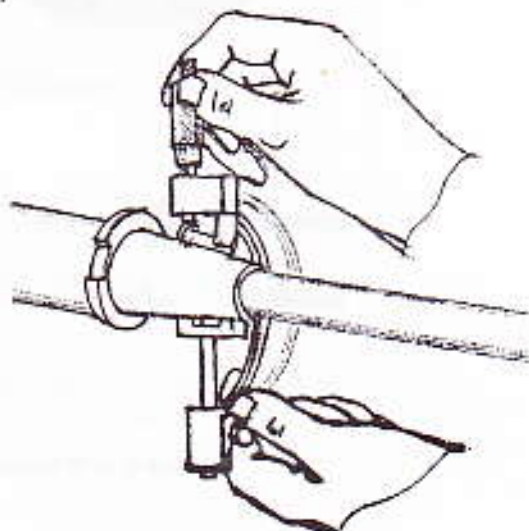
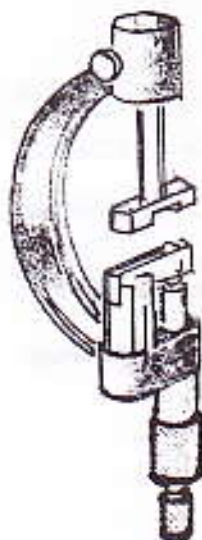
Mikrometer ini mempunyai muka ukur yang lebar, hal ini memungkinkan dapat mengukur jarak antara beberapa gigi atau benda bersayap lainnya.





*Gambar 4.44 Mikrometer piringan/cakra*

- 1) Mikrometer pengukur tirus (taper micrometer).  
Mikrometer ini dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat mengukur bermacam-macam tirus. Muka ukur dari alat ini dapat diganti, tergantung kepada jenis tirus yang akan diukur/diperiksa.



*Gambar 4.45 Mikrometer pengukur tirus*

m) Mikrometer pana (pana micrometer)

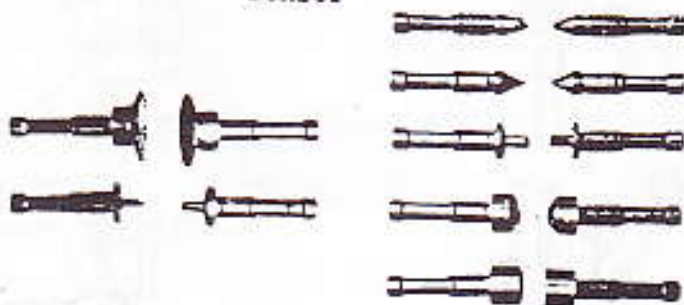
Mikrometer ini dibuat dengan poros ukur tidak berputar, tetapi hanya bergerak maju mundur. Muka ukur dapat diganti dengan macam-macam bentuk menurut kebutuhan.

Alat ukur ini dapat digunakan untuk mengukur :

- (1) Diameter tusuk ulir
- (2) Roda gigi (sistem base tangent)
- (3) Tebal dinding pipa
- (4) Diameter alur luar
- (5) Tebal inti dari bor
- (6) Diameter kaki dari poros bintang



sensor



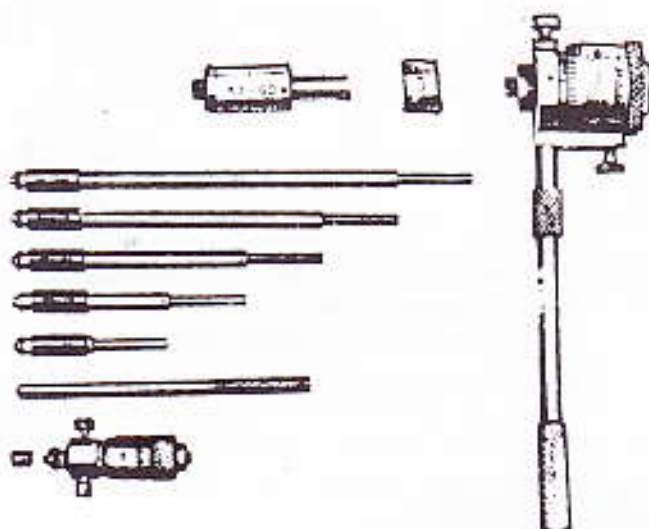
Gambar 4.46 Mikrometer pana

## 2) Mikrometer dalam (inside micrometer)

### a) Mikrometer dalam (inside micrometer).

Alat ukur ini dapat digunakan untuk mengukur diameter dalam, batang ukurnya dapat diganti tergantung kebutuhan.

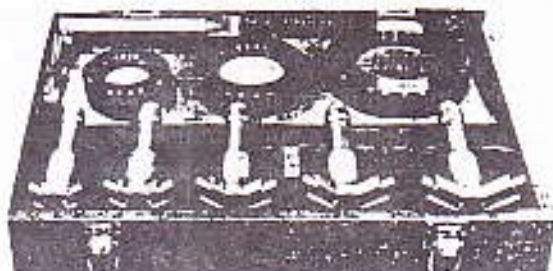
Kapasitas ukur mulai dari 25 - 50 mm, 50 - 75 mm, sampai 1000 mm dengan selisih 25 mm tiap kapasitasnya. Untuk mempermudah pengukuran diameter dalam yang posisinya sulit, biasanya dilengkapi dengan batang pemegang.



Gambar 4.47 Mikrometer dalam

### b) Mikrometer dalam tiga kali (holtest, triobor).

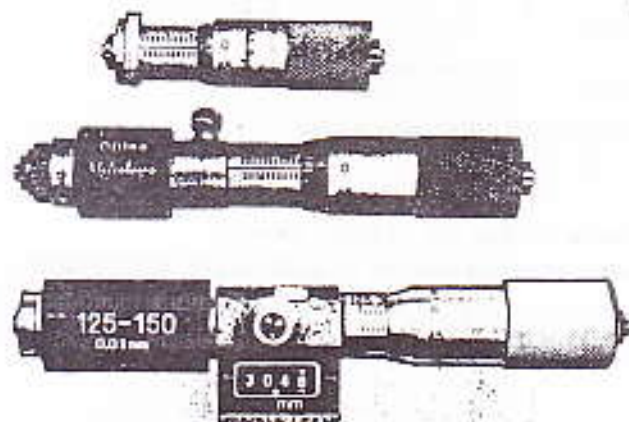
Dengan kedudukan mikrometer tetap di tengah, alat ini dapat digunakan untuk mengukur diameter dalam dengan cermat dan presisi.



*Gambar 4.48 Mikrometer tiga kaki*



- (c) Mikrometer dalam silinder (tabular inside micrometer).  
Dapat digunakan untuk mengukur diameter dalam, muka  
ukur nya terletak pada kedua ujung mikrometer.  
Kemampuan pengukuran dari 50 - 70 mm sapai dengan 275-  
300 mm.



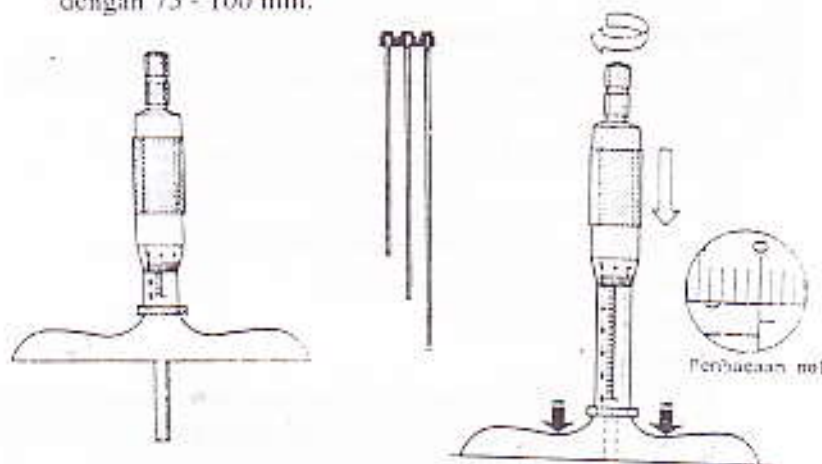
*Gambar 4.49 Mikrometer dalam untuk silinder*



### 3) Mikrometer Jenis Lain

#### a) Mikrometer kedalaman (depth micrometer)

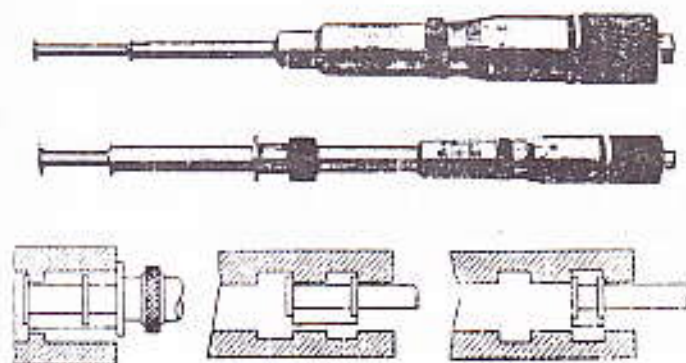
Alat ini dapat digunakan untuk mengukur kedalaman lubang/celah atau permukaan bertingkat, batang ukurnya dapat diganti untuk mengubah kapasitas ukur, dan kapasitas ukur dari 0 - 25 sampai dengan 75 - 100 mm.



Gambar 4.50 Mikrometer kedalaman.

#### b) Mikrometer alur (groove micrometer)

Digunakan untuk mengukur ukuran luar dan dalam, misalnya lebar alur, posisi alur dan lebar tonjolan.



Gambar 4.51  
Mikrometer alur.

c) Kepala Mikrometer (micrometer head)

Mikrometer ini dirancang dan dibuat tanpa dipasang pada alat lain untuk membantu pengukuran, misalnya untuk mendorong meja mikroskop, meja profil proyektor. Ada juga yang dipasang pada mikrometer bangku, atau alat pemeriksa kekerasan bahan (vickers test).

4. Alat Ukur Sudut Langsung

Sama halnya dengan mistar insut dan mikrometer, alat ukur sudut langsung juga termasuk pengukuran linier.

Yang termasuk alat ukur sudut langsung adalah adalah :

- Busur baja (steel engine protractor)
- Busur bilah (universal bevel protractor)
- Proyektor bentuk (profile projector)
- Klinometer (Clinometer)

a. Busur baja

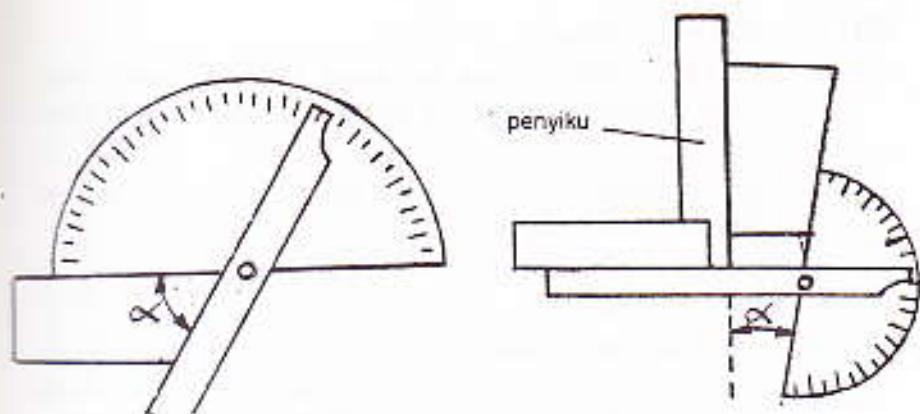
Busur baja dapat digunakan untuk mengukur sudut langsung pada skala ukurannya, tetapi hanya dapat mengukur sampai satu derajat, oleh karenanya biasa digunakan untuk memperkirakan harga sudut secara kasar.

Alat ukur ini dibuat dari pelat baja dan dibentuk setengah lingkaran, dnega diberi batang pemegang serta pelat pengunci. Skala ukuran sudut dicantumkan pada pelat setengah lingkaran, setiap skala kecil besarnya sama dnega satu derajat.

Untuk mengukur sudut-sudut yang kecil atau terpancung perlu dibantu dnega penyiku.

b. Busur bilah (universal bevel protractor)

Alat ini lebih teliti dari busur baja dan dapat mengukur sampai ketelitian 5 meit. Beberapa jenis alat ini dilengkapi dengan bilah bantu, untk memudahkan pengukuran sudut puncak yang tumpu/terpancung.

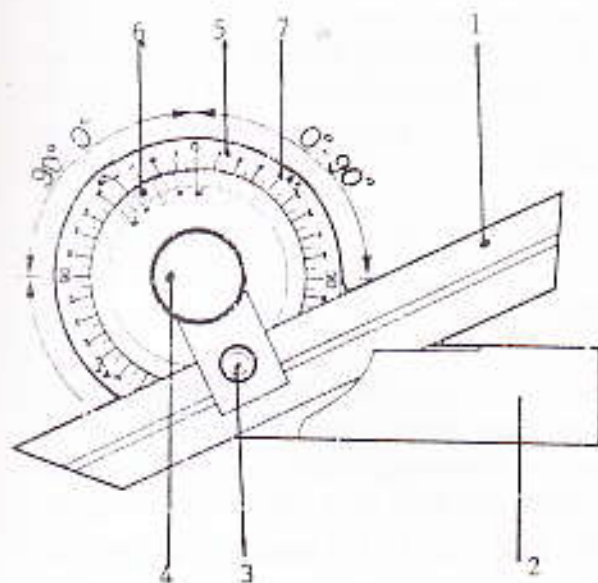


Gambar 4.52 Busur baja dan pemakaiannya.

#### Bagian-bagiannya.

Bagian-bagiannya

1. Bilah utama
2. Pelat dasar
3. Kunci bilah
4. Kunci piringan
5. Sekala utama
6. Sekala nonius (kiri dan kanan)
7. Piringan dasar



Gambar 4.53 Busur bilah dan bagian-bagiannya

### 1) Pemakian busur bilah

- Bersihkan permukaan baca dari busur bilah dan benda ukur. Aturlah kedudukan dari bilah utama dengan memakai kunci bilah.
- Rapatkan/impitkan atau sejajarkan bidang busur bilah dengan bidang dari sudut yang diukur.
- Jika keadaan ini tidak terpenuhi, maka kemungkinan harga yang dicapai lebih kecil.
- Untuk pengukuran benda yang besar, kunci piringan indeks dapat dikendorkan, geserkan busur bilah menuju permukaan yang menyudut, sampai bilah utama berputar dan berimpit dengan permukaan tersebut, kemudian kunci piringan indeks dan bacalah sudut yang didapat.

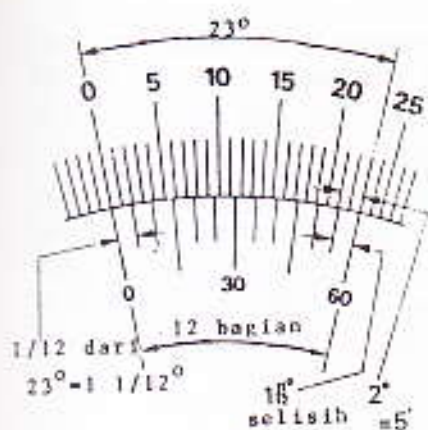
### 2) Pembacaan ukuran pada busur (universal bevel protractor)

Busur bilah yang baik dilengkapi dengan skala menit, sehingga dapat mengukur dengan kelebihan menit. Pada skala itu terdapat angka-angka 60, 45, 30, 15, 0, 15, 30, 45, 60. Dari angka 0 ke kanan sampai 60 terdiri dari 12 garis. Demikian pula ke arah kiri terdiri 12 garis yang sama. Ini berarti selisih garis pada skala derajat dengan garis pada skala menit adalah  $1 : 12 = 5$  menit, berarti busur bilah ini dapat mengukur sampai pada batas terkecil 5 menit. Dengan kata lain bila garis pertama di sebelah kanan 0, segaris dengan garis di atasnya (pada skala derajat), maka kelebihan ukuran tersebut adalah  $1 \times 5 \text{ menit} = 5 \text{ menit}$ . Bila pada garis ke 2 sama dengan  $2 \times 5 = 10$  menit.

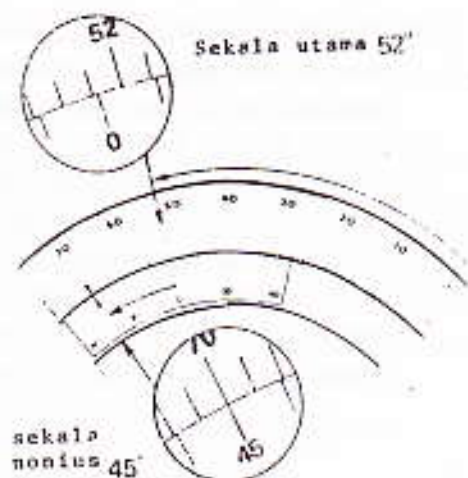
Sebenarnya angka-angka skala menit yang dilihat cukup pada baris yang di sebelah kanan, saja tetapi untuk lebih menyakinkan penglihatan akan ketepatan ukurannya, sebaiknya garis di sebelah kiripun dilihat 0, misalnya bila garis ke 4 sebelah kanan segaris dengan garis di atasnya, maka garis ke 4 di sebelah kiripun segaris pula dengan garis di atasnya.

Dengan demikian akan lebih yakin, bahwa pada kedudukan tersebut kelebihan ukuran adalah  $4 \times 5 = 20$  menit.





Busur bilah ketelitian 5'

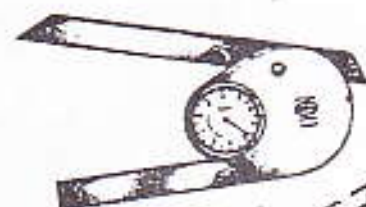


Pembacaan  $52^{\circ} 45'$

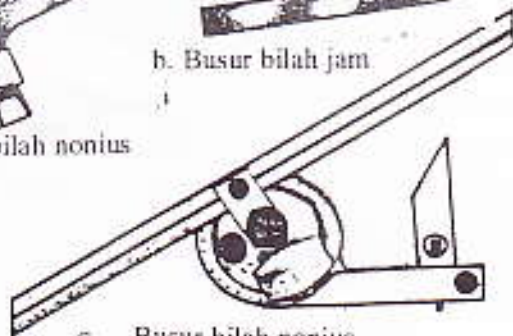
Gambar 4.54. Pembacaan ukuran pada busur bilah



a. Busur bilah nonius



b. Busur bilah jam



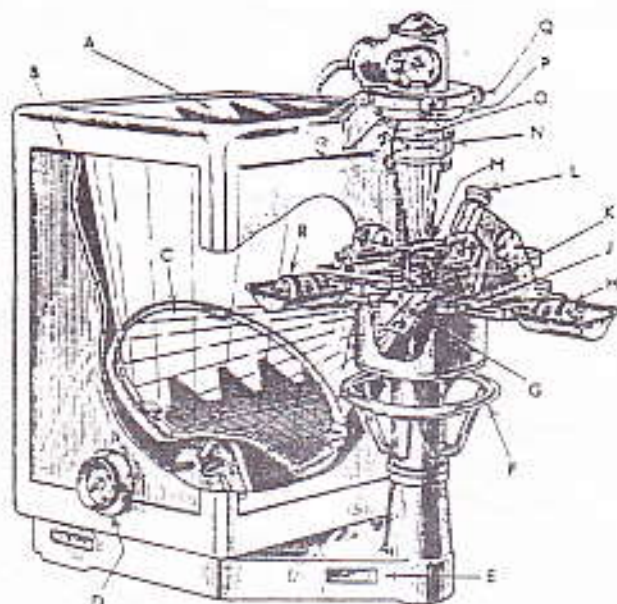
c. Busur bilah nonius

Gambar 4.56. Jenis-jenis busur bilah

c) Proyektor bentuk (profile projector)

Alat ini dapat digunakan untuk memeriksa bentuk pengukuran linier (panjang, lebar, tebal dan sudut). Komponen utama dari alat ini banyak berupa lensa, karena benda ukur yang diperiksa/diukur umumnya dimensi yang relatif kecil.

Prinsip kerjanya secara umum menggunakan sistem optis dan mekanis, tetapi ada juga yang elektronis. Sistem mekanis digunakan pada sistem pengubah mikrometer, sistem optis digunakan untuk memperbesar bayangan dari benda ukur, dan sistem elektronis digunakan untuk memudahkan pembacaan hasil pengukuran.



Bagian-bagiannya :

O	= lensa kondensor	J	= lensa
G	= prisma	C	= cermin
A	= layar	R,H,L	= mikrometer

Gambar 4.57 Profil bentuk (profil projector) dan bagian utamanya.

### *Cara Kerja Proyektor Bentuk*

Benda diletakkan di atas kaca alas, hidupkan lampu untuk mendapatkan sinar, dan sinar ini diarahkan kepada benda ukur.

Melalui lensa proyeksi dan kaca/cermin datar, sinar dibiaskan menengarah layar, maka bayangan dari benda ukur akan dapat dilihat pada layar dengan dimensi ukuran yang lebih besar dari benda sesungguhnya, hal ini terjadi karena alat ini dilengkapi dengan kaca pembesar.

Hasil pengukuran dapat dilihat pada skala mikrometer, atau skala sudut. Sistem skala sudutnya sama dengan sistem skala sudut pada busur bilah, yang mempunyai skala utama dan skala nonius.

Tingkat kecermatan dari proyektor bentuk sampai 5 menit.

#### **d. Clinometer**

Alat ukur ini merupakan alat ukur kemiringan bidang, dengan menggunakan prinsip gabungan dari pendatar (spirit level) dan skala sudut dari busur bilah. Kecermatannya menit atau detik, tergantung dari konstruksinya.

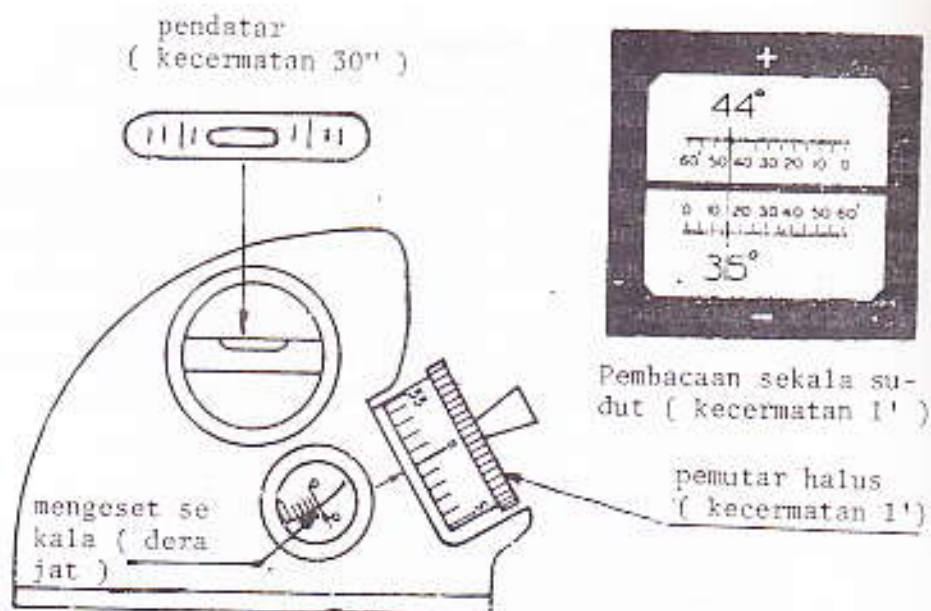
#### *Prinsip kerja clinometer*

Clinometer disimpan di atas permukaan benda ukur miring, kemudian skala piringan diputar sampai posisi tabung dengan gelembung hampir mendatar. Supaya gelembung tepat berada di tengah antara dua skala, maka pemutaran dilanjutkan melalui pemutar halus.

Amati harga sudut yang didapat, dengan membaca skala sudut.

Pembacaan ini langsung melalui garis indeks atau melalui sistem optis. Dengan demikian, clinometer ini dapat mengukur kemiringan bidang dari benda ukur relatif terhadap bidang horizontal (bidan datar air).

Untuk pengukuran sudut relatif antara dua bidang, dapat dilakukan dengan cara menyimpan/menempatkan clinometer pada kedua bidang tersebut. Harga sudut dapat dicari dengan menghitung selisih dari dua pembacaan.



Gambar 4.58 Clinometer mekanik

## B. ALAT UKUR LINIER TAK LANGSUNG

Alat ukur ini tidak dapat menghasilkan pengukuran langsung, tetapi perlu bantuan alat lain (alat ukur langsung). Yang termasuk alat ukur ini ialah jangka bengkok, jangka kaki, jangka hati, jangka tusuk, jangka langkat T, kaliber lubang kecil, dan untuk pengukur sudut adalah pelingkup sudut.

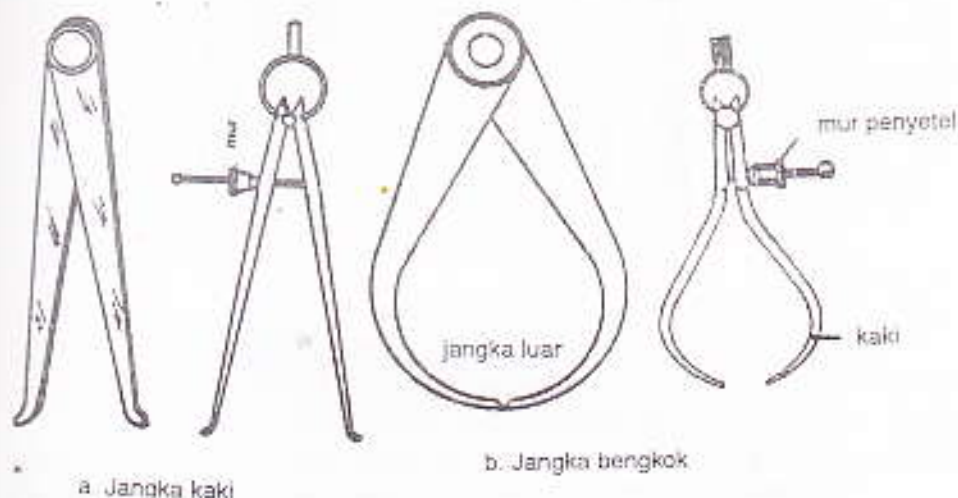
### 1. Jangka Kaki

Jangka kaki digunakan antara lain untuk mengukur diameter lubang dan jarak sesuatu celah, bentuk kakinya menghadap keluar. Pada kakinya terdapat ukuran jangka kaki dalam inci. Hasil pengukuran yang diperoleh adalah ukuran kasar. Karena kedua kakinya itu memegang bila menyentuh bidang-bidang yang diukur, maka perlu banyak berlatih menggunakannya, untuk memperhalus perasaan jari-jari. Dengan jari-jari yang tidak perasa, kesalahan ukur mudah terjadi.



## 2 Jangka Bengkok

Guna jangka bengkok ialah untuk mengukur tebal, lebar, panjang dan garis tengah benda bulat secara kasar. Alat ini terbuat dari baja perkakas dengan ujungnya dikeraskan. Bentuknya ada yang dilengkapi dengan mur penyetel dan ada pula yang tidak. Panjang kakinya, dalam inci, merupakan ukuran jangka bengkok.



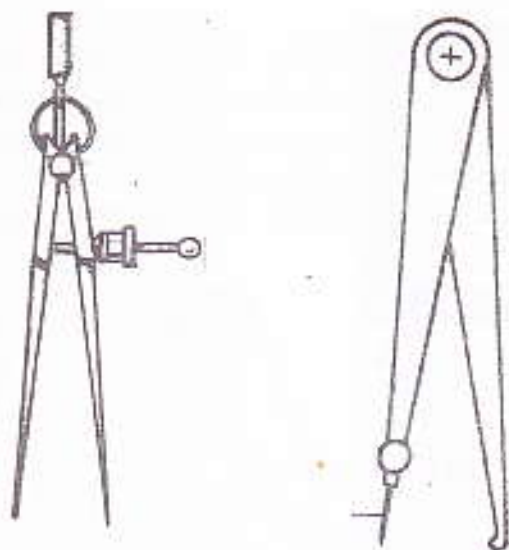
Gambar 4.59 Macam-macam jangka ukur

## 3 Jangka Tusuk

Guna jangka tusuk ialah untuk :

- Membuat garis busur, lingkaran
- Mengukur suatu jarak
- Membagi suatu jarak
- Membagi jarak menjadi sama panjang
- Melukis sesuatu sudut

Kedua kakinya harus runcing dan sama panjang.



*Gambar 4.60 Jangka tusuk dan jangka hati*

#### 4 Jangka Hati/Jangka Garis

Jangka ini terbuat dari baja perkakas, dan mempunyai kaki gabungan yang sebelah berjarum runcing dan sebalahnya lagi seperti jangka kaki, tetapi ujungnya ditekuk ke dalam, kaki ke dua ini dikeraskan hingga tahan gesekan.

Jangka ini digunakan untuk :

- a) Menarik garis/beberapa garis yang sejajar
- b) Mencari titik tengah benda bulat/segiempat

Benda yang akan digambar, sisi-sisi permukaannya harus rata dan dilabur agar gambar yang dihasilkan baik.

#### 5 Jangka Tongkat

Jangka tongkat adalah alat gambar, khususnya untuk melukis radius, lingkaran, elips, busur dan lain-lain pada lembaran pelat atau seng dalam ukuran besar. Alat ini terdiri dari dua buah blok berjarum dan sebuah tongkat. Blok yang satu dipasang pada ujung

tongkat, dan blok yang lainnya pada bagian tongkat lainnya yang dapat digeser-geser sesuai dengan ukuran yang dikehendaki.



Gambar 4.6 Jangka Tongkat

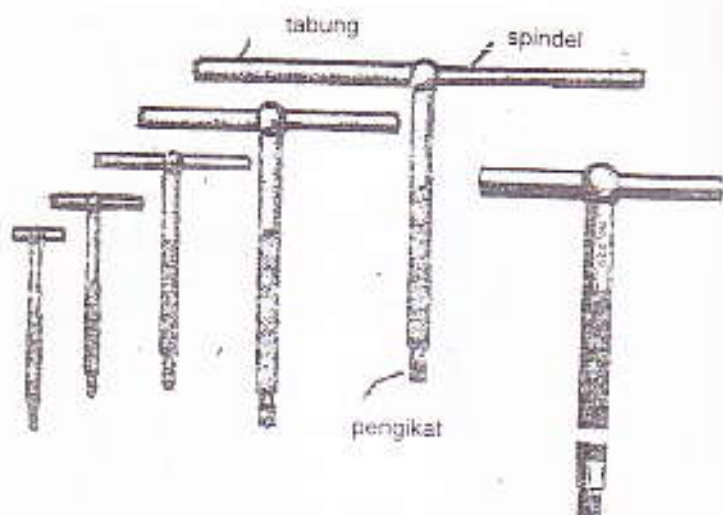
#### 6 Kaliber T (Telescoping gauge)

Telescoping gauge adalah suatu alat untuk mengukur diameter lubang, alat ini berbentuk seperti huruf T. Pengukuran dengan Telescoping Gauge tidak dapat diketahui secara langsung seperti micrometer, tetapi harus diukur lagi dengan micrometer.

Spindel pada alat ini dapat masuk tabungnya, dan pada tabung ini terdapat pegas, sehingga telescoping gauge dapat masuk kedalam lubang.

Dalam penggunaannya spindel ditekan hingga bergeser lebih pendek, lalu baut dikeraskan, maka spindel tidak akan bergerak lagi. Jika baut kemudian dikendorkan, spindel akan terdorong oleh pegas hingga keluar dari tabung.

Telescoping Gauge ini digunakan untuk mengukur lubang-lubang yang dalam dan tidak dapat diukur dengan Inside Micrometer. Selama masih bisa diukur dengan inside Micrometer, sebaiknya tidak boleh memakai Telescope Gauge karena akan memperlihatkan kesalahan ukur yang lebih besar dibandingkan bila memakai Inside Micrometer.



Gambar 4.62 Set Kaliber T (telescoping gauge)

#### 7 Pengukuran Lubang kecil (small Hole gauge)

Gunanya sama dengan telescoping gauge yaitu untuk mengukur diameter lubang. Pada ujung tangkainya terdapat batang pengatur, bila batang tersebut dikeraskan, maka bagian ujung yang bulat akan mengembang. Pengembangan ini terbatas 2,5 mm. Cara menggunakannya ialah : masukkan bagian yang bulat ke dalam lubang dalam keadaan mengecil. Keraskan tangkai pengaturnya perlahan-lahan sambil alat ini digeser-geserkan. Bila gesekan itu dirasa cukup, keluarkan alat ini perlahan-lahan; ukurlah bagian bulatnya dengan mikrometer.



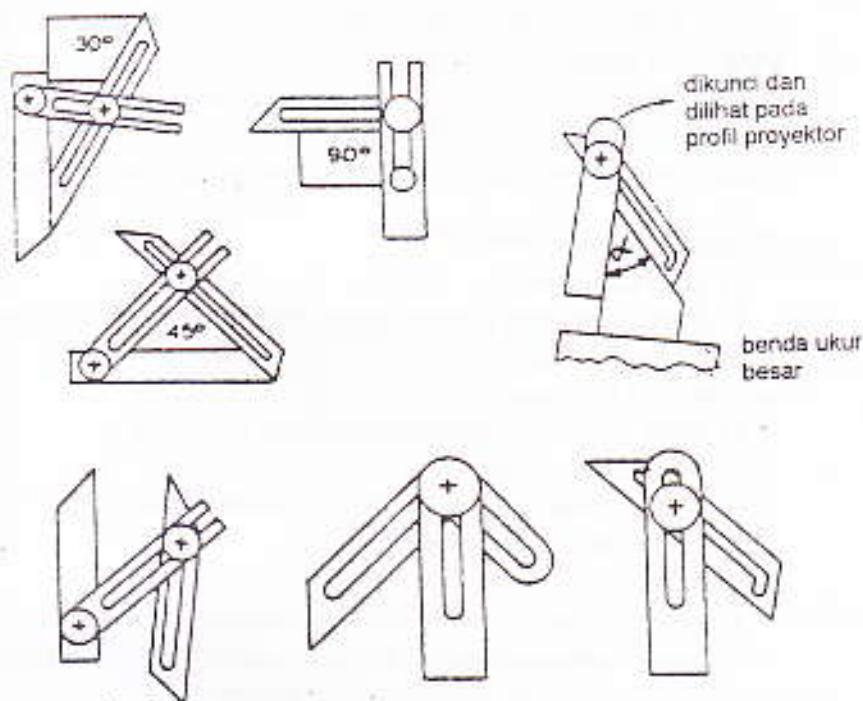
Gambar 4.63 Hole Gage dengan berbagai ukuran



### 8 Pelingkup Sudut (Angle Transfer)

Alat ini tidak mempunyai skala, terdiri dari dua atau tiga buah bilah pelingkup yang bersatu dengan poros pengunci.

Posisi antara bilah yang satu dengan lainnya dapat diatur dan dikuncim, sehingga sudut antara dua permukaan dari benda ukur dapat diambil oleh pelingkup sudut. Dapat digunakan untuk memindahkan sudut benda yang diukur dan dibandingkan dengan blok sudut atau profil bentuk (profil projector).



Gambar 4.64 Pelingkup sudut dan pemakaiannya.

### C. Alat Ukur Standar

#### 1. Blok Ukur (Gauge Block)

Nama lain dari blok ukur adalah slip gauge, end gauge, jo gauge atau johansen gauge, fungsinya adalah:

a. Fungsi blok ukur

- 1) Untuk mengukur
- 2) Untuk standarisasi alat ukur
- 3) Untuk proses pengukuran tak langsung

Sesuai dengan fungsinya, blok ukur mempunyai dua permukaan (disebut muka ukur) yang dibuat sangat halus, rata, sejajar dan mempunyai ukuran tertentu dengan proses gosok halus (lapping).

Karena kehalusan dan kerataan muka ukurnya, maka dua atau lebih blok ukur dapat disusun sedemikian rupa sehingga dapat bersatu dengan kuat, yang disebabkan oleh tekanan udara luar pada ruang yang relatif hampa dan daya adhesi.

Dengan cara penyatuan seperti ini memungkinkan diperoleh dimensi/jarak tertentu dengan menyusun beberapa blok ukur, dan ukuran yang diperoleh dapat dipakai sebagai alat pengukur atau kalibrasi.

b. Bahan blok ukur berupa:

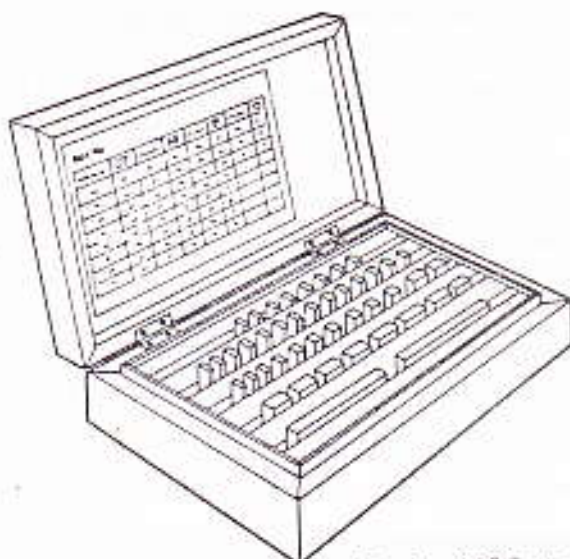
- 1) Baja karbon tinggi
- 2) Baja paduan atau karbide logam (telah mengalami perlakuan panas/heat treatment).

c. Sifat-sifat blok ukur:

- 1) tahan aus, karena kekerasannya tinggi (65 HRC)
- 2) tahan panas dan korosi
- 3) Koefisien muai sama dengan baja komponen mesin  $C12 \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ C^{-1}$   
Kestabilan dimensi baik

d. Kualitas blok ukur

Blok ukur biasa dipakai dengan cara menyatukan berbagai macam ukuran, umumnya tersedia dalam satu set terdiri dari bermacam-macam dan menurut standar metris, berjumlah 27, 34, 41, 87, 88, 105, atau 112, ukuran masing-masing blok pada set tersebut telah distandarkan.



Gambar 4.65 Satu set blok ukur

Tabel 4.1 Set Blok ukur 112 buah dengan tebal dasar 1 mm

Selang/jarak antara		Kenaikan	Jumlah blok
1,001	1,009	0,001	9
1,010	1,490	0,010	49
0,5	24,50	0,50	49
25	100	25	4
	1,0005	-	1

Tabel 4.2 blok ukur 112 buah dengan tebal dasar 2 mm

Selang/jarak antara		Kenaikan	Jumlah blok
2,001	2,009	0,001	9
2,010	2,490	0,010	49
0,5	24,50	0,50	49
25	100	25	4
	1,0005	-	1

Ada pula set blok ukur metrik yang ditambahkan dengan 2 buah blok ukur ukuran 2,000 mm yang disebut wear block. Untuk inci biasanya dilengkapi dengan blok pelindung (protector blok) berukuran 0,1 inci atau 0,02 inci.

Tabel : 4.3 Set blok ukur 81 (english set E81)  
buah dengan tebal besar 0,1 inci

Selang/jarak antara		Kenaikan	Jumlah blok
0,1001	1,009	0,0001	9
0,101	1,490	0,1010	49
0,050	24,50	0,50	19
1	4	1,00	4
Jumlah 81			

Menurut ISO masing-masing set blok ukur dibuat menurut kualitas tertentu yaitu seperti pada tabel berikut

Tabel 4.4 Tingkat blok ukur dengan penggunaannya.

Tingkat	Pemeriksaan dilakukan dengan	Dipakai sebagai ukuran standar pada
1	Komparator peka dibandingkan dengan blok ukur kelas 0	- Ruang pengukuran/laboratorium metrologi
2	Komparator peka dibandingkan dengan blok ukur kelas 0	- Ruang pengukuran bagian produksi
3*	Komparator dibandingkan dengan blok ukur kelas 1	Bagian produksi
0**	Komparator peka dibandingkan dengan blok ukur kelas 01	- Laboratorium metrologi industri
01***	Interferometer	- Laboratorium industri nasional



- \* Merupakan tingkat yang kasar
- \*\* Sebagai master gauge
- \*\*\* Sebagai master nasional

Tingkatan /grade blok ukur menurut metrik untuk 4 tingkatan.

- Grade 00 : sebagai referensi atau master gauge, digunakan dilaboratorium, untuk kalibrasi blok ukur grade 0.
- Grade 0 : Ketelitian dan kecermatannya seperti blok ukur grade 00. Untuk mengecek alat-alat ukur lain.
- Grade 1 : Untuk mengecek alat-alat ukur lainnya atau untuk langsung pada bagian yang tinggi ketelitiannya.
- Grade 2 : Untuk digunakan pada pekerjaan bengkel sehari-hari, seperti mengecek sliding, alur-alur pasak, setting pahat bubut dan sebagainya.

Untuk 5 tingkat.

- Grade I : Untuk referensi, master dan pengecekan alat-alat ukur lainnya.
- Grade II, III, IV : Digunakan sebagai gauge kerja

Tingkatan menurut English Unit.

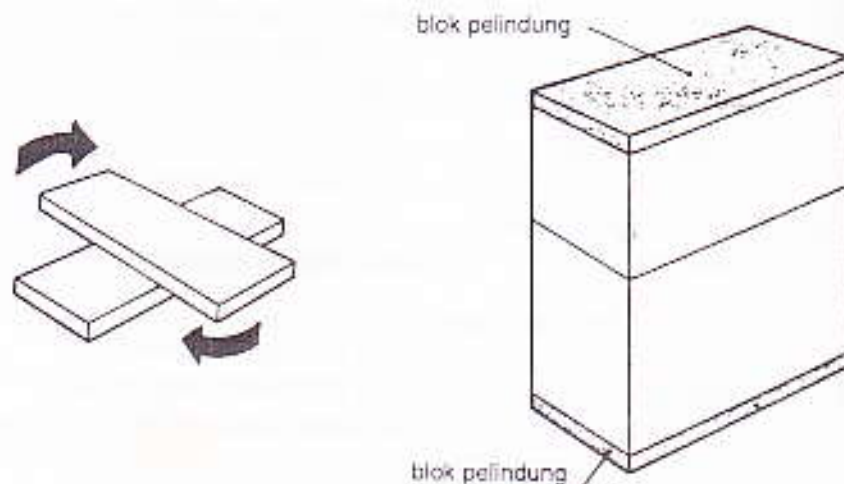
- Grade AA : Digunakan untuk referensi di laboratorium
- Grade A : Digunakan untuk pengecekan alat-alat ukur
- Grade B : Digunakan di bengkel untuk mengecek pekerjaan, setting dan sebagainya.

e. Pemakaian Blok Ukur

- 1) Pemakaian beberapa blok ukur dengan ukuran tertentu, letakkan di atas lap halus/tisu yang tersedia, tutup kembali kotak penyimpanannya.
- 2) Bersihkan vaseline dengan wash bensin/shelite/ petrollium ether, dan keringkan dengan lap lembut dan simpan di atas lap lembut lainnya dengan posisi muka ukur terletak di samping.
- 3) Gabungkan/lengketkan segera setelah dibersihkan muka ukurnya dengan meletakkan salah satu blok ukur menyilang (90) terhadap muka ukur lainnya, dan gerakkan sliding diputar hingga sejajar.

Dua permukaan itu akan menjadi lengket, karena permukaannya rata sekali sehingga terjadi daya adhesi yang kuat.

- 4) Susun blok ukur secara berurutan sehingga dapat dicapai ukuran yang dikehendaki, usahakan penyusunan blok ukur sedikit mungkin.
- 5) Apabila tersedia blok ukur pelindung (dengan tebal 1 atau 2 mm), gunakanlah blok ukur pelindung ini masing-masing pada ujung susunan (ditengah-tengah disimpan blok-blok tipis).
- 6) Gunakan kelengkapan/peralatan blok ukur, untuk pengukuran langsung atau mengkalibrasi.



*Gambar 4.66 Cara penyusunan blok ukur*

#### f. Pemeliharaan Blok Ukur

- 1) Lepaskan susunan blok ukur dengan cara menggeserkan satu persatu setelah digunakan. Janganlah dipisahkan secara kasar dengan gerakan mematahkan, muka ukur jangan disentuh. Blok ukur tidak boleh saling melekat terlalu lama sehingga daya adhesi akan semakin kuat yang menyebabkan sulit dipisahkan, bahkan dapat merusakkan muka ukur.

- 2) Bersihkan blok ukur yang kena sidik jari dengan lap yang bersih, jika ada kotoran/debu yang menempel/melekat pada muka ukur, bersihkan dengan wash bensin/shelite/petroleum ether.

Ulas dengan sedikit vaselin dan simpanlah pada tempat yang sesuai dalam kotak penyimpannya.

- 3) Hindarkan penyatuan/penyambungan blok ukur yang tipis dengan yang tipis lainnya, sebab secara tidak disengaja dapat melenur. Lenturan yang sangat kecil sekalipun dapat menghilangkan daya lekat, juga hindarkan dari benturan yang keras.
- 4) Hindarkan gesekan yang berlebihan dengan permukaan benda ukur maupun dengan permukaan peraba (sensor) alat ukur lainnya, pada waktu pengukuran atau waktu mengkalibrasi.
- 5) Hindarkan pemegangan yang terlalu lama terhadap blok ukur, mengingat blok ukur akan mengembang dan adanya asam dari keringat kita. Meskipun pemuaian dan pengaruh asam kecil terhadap blok ukur, namun dapat menimbulkan kesalahan ukur. Dengan demikian setelah blok ukur disusun letakkan sebentar supaya temperaturnya turun dan sesuai dengan temperatur kamar ukur.
- 6) Blok ukur yang sudah berkarat dengan muka ukur yang banyak goresan, supaya digosok kembali atau dikembalikan kepada pabrik pembuat agar dimensinya diperbaiki serta dikalibrasi lagi.
- 7) Blok ukur yang bagian pinggirnya rusak (bukan muka ukurnya) akibat jatuh tak disengaja, kalau kerusakan ini masih dapat diperbaiki, maka bisa digosok dengan batu asah arkansas.

#### g. Pemilihan dan penyusunan blok ukur

Cara pemilihan dan penyusunan blok ukur untuk mendapatkan ukuran yang dikehendaki, harus melalui prosedur yang betul. Prosedur ini harus diikuti dengan seksama supaya memperoleh ukuran standar yang dimaksud dengan cepat dan tepat.

Misalkan ukuran yang harus diperoleh adalah 58,342 mm.

- 1) Jika kita memakai M41/1, maka susunannya

Tabel 4.5 Susunan dengan blok M41/1

Seri blok ukur yang dipilih	Ukur blok ukur	Ukur tambahan yang diperlukan
- Blok pelindung	2,000	56,343
- Blok pelindung	2,000	54,343
- Blok Perribuan	1,003	53,240
- Blok perraturan	1,040	52,300
- Blok perpuluhan	1,300	51,300
- Blok satuan	1,000	50,000
- Blok satuan	20,000	30,000
- Blok satuan	30,000	0
Jumlah 58,343		

2) Jika memakai M88/2. Maka susunannya adalah :

Tabel 4.6 Susunan dengan blok M88/2

Seri blok ukur yang dipilih	Ukur blok ukur yang dipakai	Ukur tambahan yang diperlukan
- Blok pelindung	2,000	56,343
- Blok pelindung	2,000	54,343
- Blok Perseribuan	2,003	52,340
- Blok perraturan	2,340	50,000
- Blok satuan	50,000	0
Jumlah 58,343		

Jika dari type M88/2 tidak memakai blok pelindung maka susunannya adalah :



Susunan 1	Susunan 2	Susunan 3
2,003	3,009	3,008
2,340	2,004	2,005
4,000	2,330	2,170
50,000	2,000	2,160
	20,000	10,000
	50,000	40,000
Jumlah 58,343	Jumlah 58,343	Jumlah 58,343

Dari ketiga susunan di atas dipilih susunan nomor 1, mengingat jumlah blok ukur yang digunakan sedikit dan kalau ada penyimpanganpun akan kecil.

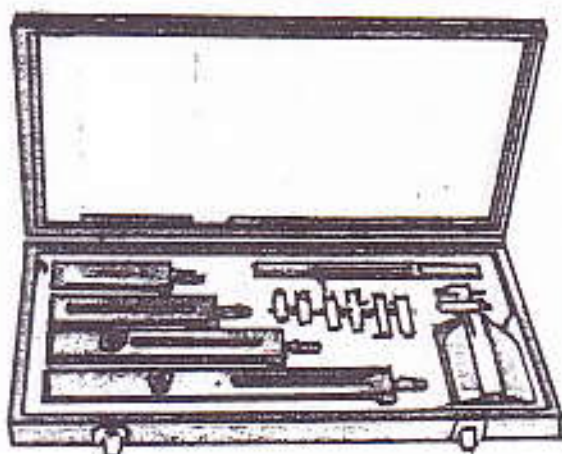
Bila ukuran belum diketahui dengan pasti, maka perkiraan ukuran tersebut sampai kecermatan 0,1 mm dengan memakai mistar sorong.

h. Perlengkapan tambahan blok ukur (gauge block accessories).

Perlengkapan tambahan dapat membantu memudahkan pengukuran atau kalibrasi dengan menggunakan blok ukur, dan dapat meningkatkan fungsinya.

Perlengkapan blok ukur terdiri dari :

- 1) Pemegang blok ukur (holder)
- 2) Alas pemegang (base holder)
- 3) Rahang setengah bulat ((half round jaw)
- 4) Rahang datar (plain jaw)
- e. Penggores titik (scriber point)
- f. Penitik pusat (centre point)
- g. Pengecek kerataan (straight edge)



Set lengkap



rahang segi tiga



senter



rahang datar



penekan



penggores



pemegang



landasan

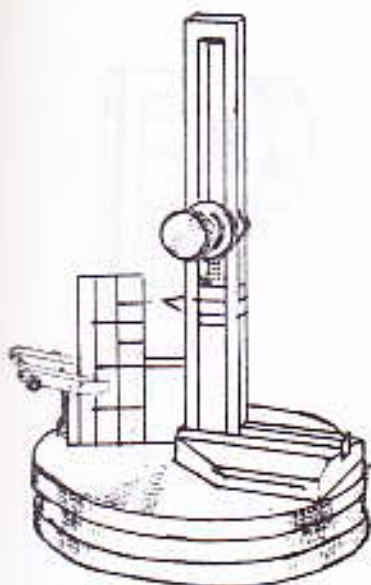


rahang setengah bulat

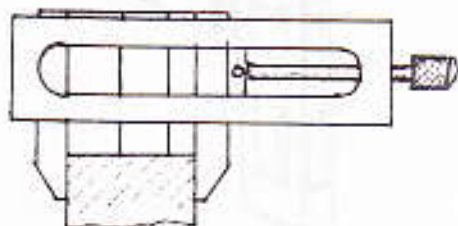
Gambar 4.67 Perlengkapan blok ukur

#### 8) Penggunaan perlengkapan blok ukur

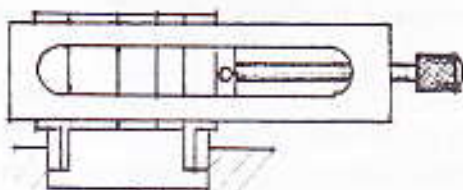
- 1) Center point dan scriber point dipasang pada holdernya. Diantara keduanya dipasang blok ukur sebagai ukurannya digunakan untuk membuat lingkaran sebagai jangka tusuk.
- 2) Alas, holder, scriber point digunakan untuk pengukur tinggi yang presisi. Mengatur ketinggiannya dipakai blok ukur.
- 3) Holder rahang luar dan blok ukur digunakan untuk mengecek diameter luar. Jika yang digunakan itu rahang dalam, maka digunakan untuk mengecek diameter dalam.



b. sebagai heigh gauge yang presisi



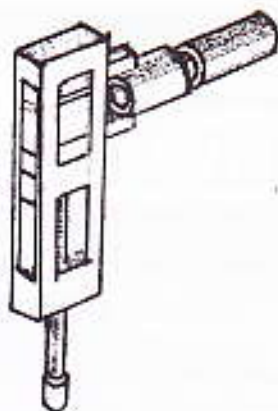
a. mengecek ukuran luar



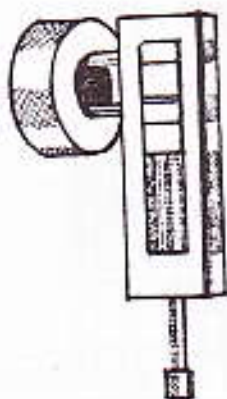
c. mengecek ukuran dalam



d. untuk membuat lingkaran  
(sebagai jangka tongkat)



e. mengecek diameter luar



i. mengecek diameter dalam

*Gambar 4.68 Penggunaan perlengkapan blok ukur*

## 2. Blok Ukur Sudut (Angle Gauge)

Blok ukur sudut merupakan alat ukur standar, oleh sebab itu pemakaian tidak secara langsung, melainkan digunakan dalam proses pengukuran perbandingan.

Dibuat dari baja yang dikeraskan dan mempunyai kestabilan dimensi yang baik. Kedua muka ukurnya digosok halus, sehingga rata dan mempunyai sifat mampu lekat sebagaimana halnya dengan blok ukur.

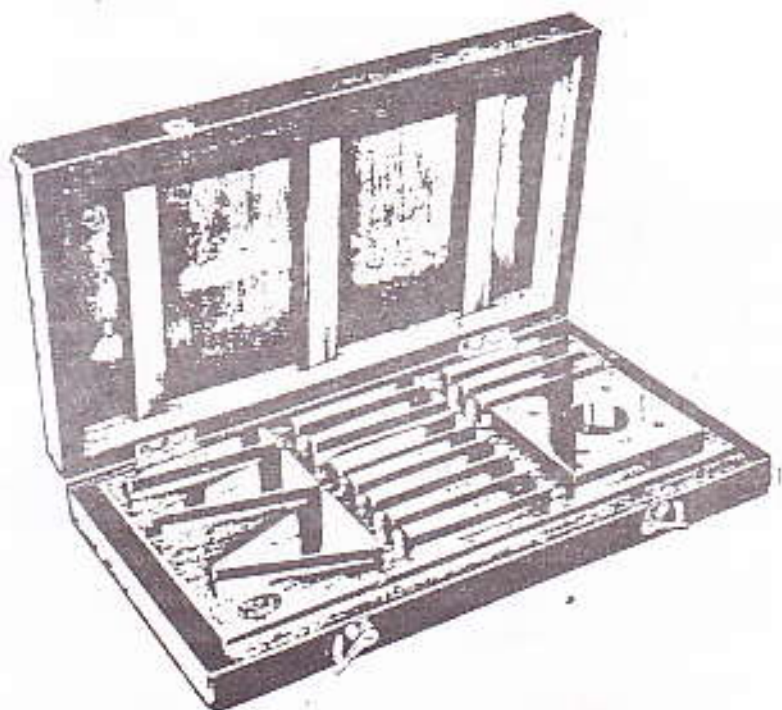
Dimensi dari setiap blok sudut kurang lebih mempunyai panjang dan lebar sebesar 75 mm x 15 mm. Pada setiap blok sudut selain dicantumkan harga nominal sudutnya, dituliskan pada dua buah tanda + dan - pada kedua sisinya, atau tanda sudut (+) pada salah satu sisinya untuk mempermudah penyusunan (penambahan atau pengurangan). Pada satu set blok sudut terdapat beberapa buah blok sudut. Dengan mengkombinasikan dua atau lebih diantaranya, dapat disusun banyak sekali sudut-sudut yang diinginkan.



- Susunan blok sudut menurut Tomlinson
 

Satuan derajat	: $1^{\circ}, 3^{\circ}, 9^{\circ}, 27^{\circ}$ dan $41^{\circ}$	= 5 blok
Satuan menit	: $1', 3', 9'$ dan $27'$	= 4 blok
Satuan detik	: $3'' (0,05''), 6'' (0,1')$	
	$18'' (0,3'')$ dan $30'' (0,5'')$	= 4 blok
jumlah		= 13 blok
  
- Susunan blok sudut menurut Starrett.
 

Satuan derajat	: $1^{\circ}, 3^{\circ}, 5^{\circ}, 15^{\circ}$ dan $30^{\circ}$ dan $45^{\circ}$	= 6 blok
Satuan menit	: $1', 3', 20'$ dan $30'$	= 5 blok
Satuan detik	: $1'', 3'', 5'', 20''$ dan $30''$	= 5 blok
jumlah		= 16 blok



Gambar 4.69 Set blok sudut

a. Penyusunan blok sudut

Dari sejumlah blok sudut yang tersedia, hampir semua sudut yang dikehendaki dapat dibuat, hal ini dapat dicapai dengan cara penjumlahan dan pengurangan (lihat gambar 4.70).

Apabila sejumlah blok sudut sebesar  $81^{\circ} 40' 59''$  (untuk yang berjumlah 13 blok). Sudut yang lebih besar dari harga tersebut, dapat dicapai dengan bantuan blok segi empat (square block).

Contoh menyusun blok sudut sebesar  $57^{\circ} 34' 9''$ .

- 1) Melihat harga detiknya.

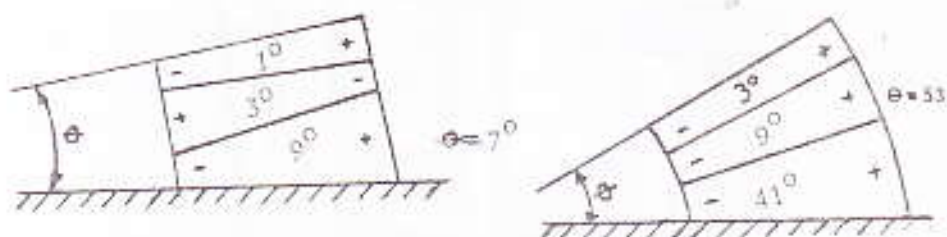
Untuk harga  $9''$  dapat menyusun blok sudut dari  $+3'' + 6''$ .

- 2) Melihat harga menitnya.

Untuk  $34'$  dapat menyusun  $+1' -3' +9' +27'$ .

- 3) Melihat harga derajatnya.

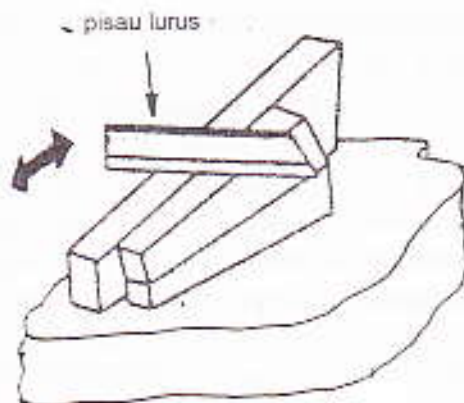
Untuk harga  $57^{\circ}$  dapat menyusun blok sudut dari  $+1^{\circ} -3^{\circ} -9^{\circ} +27^{\circ} +41^{\circ}$ .



Gambar 4.70 Contoh penyusunan blok sudut

b. Pemeriksaan/pengecekan dengan blok sudut

Untuk mengecek benda ukur bersudut, perlu dibantu dengan cahaya, pisau lurus (straight edge) atau jam ukur. Kesejajaran antara permukaan benda ukur dari blok sudut yang teratas diperiksa dengan memakai pisau lurus. Pisau digeserkan sepanjang permukaan yang diukur, sambil memperhatikan garis kontak antara mata pisau lurus dengan permukaan yang diukur. Jika selama penggeseran terlihat adanya celah cahaya, maka susunan blok ukur harus diubah, yang berarti ukurannya belum sesuai.



Gambar 4.71 Cara pemeriksaan sudut dengan blok sudut

#### c. Batang Ukur (Length Bar)

Batang ukur merupakan alat ukur lain yang dapat digunakan untuk mendapatkan ukuran standar yang lebih besar daripada 150 mm. Alat ini hampir sama dengan blok ukur, akan tetapi lebih panjang dari blok ukur dan mempunyai penampang 22 mm, terbuat dari baja karbon, dan proses pengerasan hanya pada kedua ujung batangnya. Kedua ujung batang dilubangi dan diulir, untuk menghubungkan batang ukur yang satu dengan lainnya dengan diikat oleh baut pengikat.

Batang ukur mempunyai kualitas sesuai dengan fungsinya, yaitu :

- 1) Batang ukur referensi (reference grade)

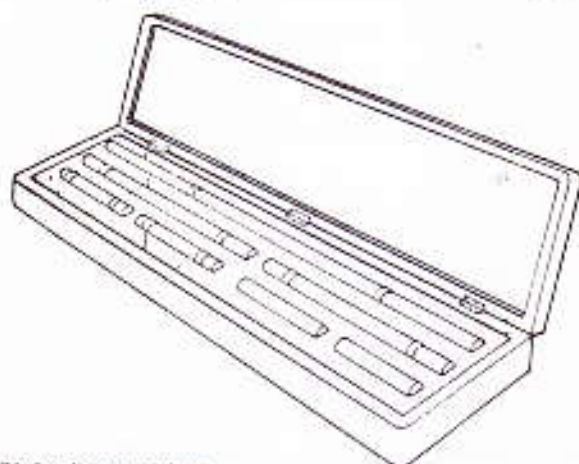
Banyak digunakan di laboratorium atau kamar ukur standar dengan temperatur  $20^{\circ} \pm 0^{\circ}\text{C}$  dan hanya digunakan sebagai pembandingan.

- 2) Batang ukur kalibrasi (Calibration grade)

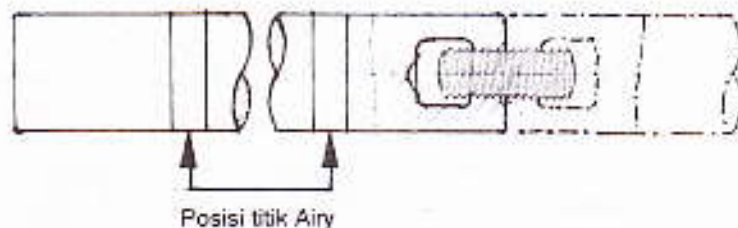
Mempunyai ukuran yang sama dengan batang ukur referensi, toleransi lebih besar  $\pm 15$  cm dan harganya murah. Digunakan sebagai pelengkap standar pada industri.

- 3) Batang ukur inspeksi (Inspection grade)  
Banyak digunakan di bengkel kerja dan mempunyai toleransi  $\pm 18$  cm.
- 4) Batang ukur kerja (Work shop grade).  
Banyak digunakan di bengkel kerja dan berkaitan erat dengan blok ukur, toleransinya  $\pm 30$  cm.

Batang ukur dapat digunakan pada posisi berdiri atau posisi mendatar (horizontal). Untuk posisi mendatar biasanya terjadi lenturan, karena mempunyai panjang dan berat sendiri. Untuk mengatasinya perlu disangga/ditahan dengan dua penyangga pada waktu pengukuran. Jarak penyangga satu dengan lainnya adalah 0,577 panjang batang ukur, kedua titik penyangga ini biasa disebut titik Airy (Airy Point).

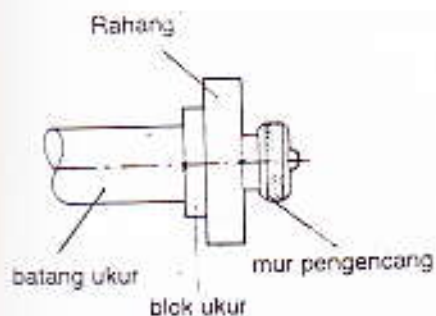


Gambar 4.72 Set batang ukur

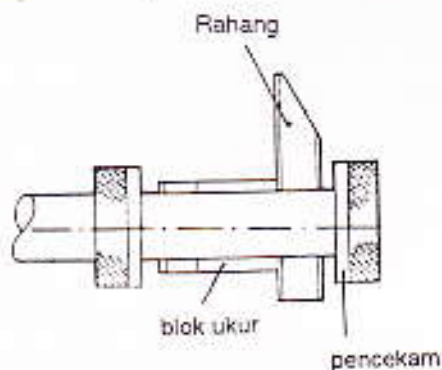




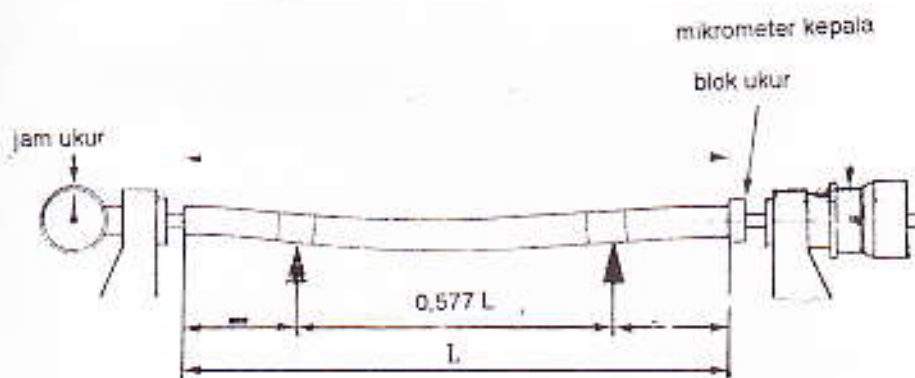
Tipe a.



Tipe b.



Gambar 4.73 Cara penyambungan batang ukur



Gambar 4.74 Penggunaan batang ukur pada mesin pengukur panjang

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwir, B.S., *Teknik Mekanik Mengukur*, Bhratara Karya Aksara, Jakarta, 1986.
- Rochim Taufiq, Dr., Ir., dan Dr. Ir. Sri Hardjoko Wirjomartono, *Spesifikasi Geometri, Metrologi Industri dan Kantor Kualitas*, Laboratorium Teknik Produksi dan Metrologi Industri, ITB.
- Rochim Taufiq, Dr., Ir., dan Sutarto, SM., *Metrologi Industri*, Depdikbud, 1980.
- Starrett, *Precision Tools, Gages and Saws*, USA., 1980.
- Sidabutar Djaindar, Drs., dan Sutarto SM., *Petunjuk Praktek Pengukuran dan Pengujian Logam*, Depdikbud, 1980.

---

Diterbitkan oleh :

Bagian Proyek Penyelenggaraan Sekolah Kejuruan

Kerjasama Indonesia - Belanda (N-59)

Sebagai Buku Pelengkap Siswa dan Guru

Sekolah Menengah Kejuruan

---